



Departamento de Engenharia Química

Rua António Bernardino de Almeida, 431
4200 – 072 Porto

Recuperação de Calor dos Efluentes da Tinturaria

ENDUTEX, Tinturaria e Acabamento de Malhas, S.A.

Susana Andreia Carvalho Vilaça Soares

Tese de Mestrado em Engenharia Química

Ramo Tecnologias de Protecção Ambiental

Outubro 2009

Orientador: Doutor Gilberto Pinto

Co-orientador: Doutora Luísa Gomes

*" Nós geralmente descobrimos o que
fazer percebendo aquilo que não
devemos fazer. E provavelmente
aquele que nunca cometeu um erro
nunca fez uma descoberta. "*

(S. Smiles)

Agradecimentos

Ao Doutor Gilberto Pinto e à Doutora Luísa Gomes pela paciência e orientação deste trabalho.

À empresa ENDUTEX, Tinturaria e Acabamento de Malhas, S.A. pelo suporte e apoio na realização do levantamento de campo.

Ao Engenheiro Vasco Silva e ao Sr. José Maria Pacheco pela disponibilidade e atenção demonstrada.

Ao Engenheiro Assis, à Engenheira Teresa Esteves e à Engenheira Paula Neto pela assistência e colaboração na realização deste projecto.

À empresa Arsopi – Thermal, nomeadamente ao Engenheiro Miguel Costa pela colaboração no fornecimento de dados necessários para o dimensionamento do permutador de placas.

À empresa SIB, Sistemas Industriais de Bombagem, Lda, nomeadamente ao Engenheiro José Graça pela colaboração no fornecimento de dados necessários para a escolha das bombas.

À empresa SSL, equipamentos industriais, nomeadamente ao Engenheiro Henrique Lóio pela colaboração no fornecimento de dados necessários para a escolha do filtro rotativo.

Aos meus pais pelo esforço e dedicação ao longo de toda a minha vida académica.

Ao meu namorado Paulo por todo o incentivo e colaboração nas etapas académicas mais exigentes.

E a todas as pessoas que, directa ou indirectamente, contribuíram para a realização e conclusão deste trabalho.

Resumo

Foram utilizados como elemento principal de estudo, os efluentes líquidos dos processos industriais da ENDUTEX, Tinturaria e Acabamento de Malhas, S. A. localizada no município de Caldas de Vizela, distrito de Braga. O estudo foi realizado na empresa devido ao interesse da mesma em poder reaproveitar o calor libertado nos efluentes para aquecimento de parte da água captada no rio de Vizela.

O objectivo do trabalho consiste no dimensionamento de um permutador de calor que permita satisfazer o interesse da empresa, assim como, um estudo económico relativo aos custos envolventes. Com o intuito de concretizar os objectivos propostos foram realizadas visitas semanais à empresa para se proceder ao levantamento de dados e para a realização de amostragens do efluente para posterior caracterização.

Depois de efectuado o dimensionamento do permutador de placas para diferentes caudais e temperaturas dos fluidos, frio (água do rio) e quente (efluentes), concluiu-se que as condições mais rentáveis correspondiam a um caudal de fluido frio de 17 m³/h em que a temperatura de entrada e de saída no permutador seria de 14 °C e 48 °C, respectivamente. O caudal de fluido quente seria de 20 m³/h, sendo a temperatura de entrada e de saída no permutador de 62 °C e 33,1 °C, respectivamente.

Como resultado do dimensionamento obteve-se um permutador de placas com 167 placas em que o coeficiente global de transferência de calor (U) é de 726,9 W/m²°C, a área projectada de 55,7 m² e a queda de pressão de 0,904 KPa. Foi consultada a empresa ARSOPI-THERMAL para verificação das características dos permutadores existentes no mercado. No entanto, para as mesmas condições foi sugerido um permutador com 31 placas em que o coeficiente global de transferência de calor (U) é de 6267 W/m²°C, a área projectada de 7,39 m² e a queda de pressão de 76 KPa. A diferença verificada nos resultados apresentados pode ter origem na utilização de diferentes expressões no cálculo do coeficiente pelicular de transferência de calor (h) e pelo facto da ARSOPI desprezar o factor de sujamento no seu dimensionamento

Na análise económica do projecto é de referir que para o arranque do projecto foi feito o levantamento das necessidades de investimento, situando-se este num valor total de 9640€, sendo o investimento financiado apenas por capitais próprios. O prazo de recuperação do investimento (Pay Back Period) é de cerca de 2 meses.

Palavras-chave: Tinturaria Têxtil; Efluentes; Água do rio; Permutador placas.

Abstract

Liquid effluents discharged by industrial processes of ENDUTEX, Dyeing and Finishing of Textiles S.A, were used as the main subject of this study.

This company located at municipality of Guimarães, district of Braga, is interested in being able to reuse the heat released by it's effluents to heat the water captured from river Vizela, used by the factory.

The major aim of this study consists in dimensioning a heat exchanger capable of achieving this objective as well as an economic study of surrounding costs.

In order to achieve the proposed targets, weekly visits were made to the factory, in order to proceed with data collection, and to take samples of produced effluents for further characterization.

After scaling out a plate heat exchanger for different flow rates and several fluid temperatures, cold fluid (river's water) and hot fluid (effluents), it was conclude that the most profitable operating conditions, correspond to a cold fluid flow of $17 \text{ m}^3/\text{h}$ (inlet temperature = 14°C , outlet temperature = 48°C), and hot fluid flow of $20 \text{ m}^3/\text{h}$ (inlet temperature = 62°C , outlet temperature = $33,1^\circ\text{C}$).

The projected heat exchanger comprises 167 plates with a heat transfer global coefficient of (U) equal to $726,9 \text{ W/m}^2\text{C}$, with a projected area of $55,7 \text{ m}^2$ and a pressure drop of $0,904 \text{ KPa}$.

By this time was consulted a equipment supplier (ARSOPI-THERMAL), that suggest for the same operating conditions a heat exchanger with only 31 plates with a heat transfer global coefficient (U) of $6267 \text{ W/m}^2\text{C}$, and projected area of $7,39 \text{ m}^2$ with pressure drop of 76 KPa .

The difference between the results presented may have originated in the use of different expressions in the calculation of heat transfer pellicular coefficient (h) and because the company ARSOPI didn't consider the factor fouling in your sizing.

Economical analysis conclude for the starting process an amount of 9640 € , with an investment financed only by equity. The term of payback period is about 2 months.

Keywords: Textile Dyeing, Effluent, River's Water, Plate heat exchanger.

Índice

1. Introdução	1
1.1. Plano de Trabalho	3
2. Revisão Bibliográfica.....	4
2.1. Indústria Têxtil	4
2.1.1. Geração e tratamento de efluentes têxteis	5
3. ENDUTEX, Tinturaria e Acabamento de Malhas, S. A.....	13
3.1. Processo produtivo	13
3.2. Distribuição de água.....	16
4. Caracterização do Efluente.....	22
5. Permutador de Calor	27
5.1. Classificação dos Permutadores de Calor.....	27
5.2. Tipo de Permutadores de Calor.....	29
5.3. Dimensionamento do Permutador de Placas	34
5.4. Resultados do Dimensionamento do Permutador de Placas	37
6. Estudo Económico.....	42
7. Conclusões e Sugestões para futuros trabalhos.....	47
8. Referências Bibliográficas.....	49
9. Anexos.....	50
9.1. Relatórios de Análises ao Efluente	51
9.2. Exemplos de Cálculo	57
9.3. Catálogo de Permutador de Placas (ARSOPI – THERMAL).....	70
9.4. Catálogo do Filtro Rotativo (SSL)	74
9.5. Catálogo da Bomba de distribuição de água (SIB)	80
9.6. Contactos Efectuados.....	88

Índice de Figuras

Figura 1 - Imagens do pré-tratamento do efluente.....	10
Figura 2 - Imagens do tratamento primário do efluente.	11
Figura 3 – Imagens do tratamento secundário do efluente.	12
Figura 4 - Diagrama do processo produtivo.....	13
Figura 5 - Planta da área principal da empresa.....	14
Figura 6 – Esquema do circuito de água.	16
Figura 7 – Esquema simplificado do ciclo Meia Branqueação 100% CO.	18
Figura 8 – Esquema simplificado do ciclo Tingimento Reactivo SI 98-80°C – Procion – CO.18	
Figura 9 – Esquema simplificado do ciclo Lavagem de Reactivos CM – Procion.	19
Figura 10 – Esquema simplificado do ciclo Tingimento PES 135°C – CC.....	19
Figura 11 – Esquema simplificado do ciclo Lavagem de Dispersos – CM.....	20
Figura 12 – Esquema simplificado do ciclo Tingimento Ácido 98°C – 105°C.....	20
Figura 13 – Gráfico representativo da variação da temperatura dos efluentes da tinturaria ao longo do tempo.	21
Figura 14 – Imagem de um permutador de calor de invólucro e tubos	30
Figura 15 – Fotografia de duas placas.....	31
Figura 16 – Esquema da circulação dos fluidos em co-corrente.....	32
Figura 17 - Esquema da circulação dos fluidos em contra-corrente.....	32
Figura 18 - Gráfico representativo da curva de calibração do metal cálcio.	58
Figura 19 - Gráfico representativo da curva de calibração do metal ferro.	59
Figura 20 - Gráfico representativo da curva de calibração da viscosidade da água.....	61
Figura 21 - Gráfico representativo da curva de calibração da condutividade térmica da água.	61
Figura 22 - Gráfico representativo da curva de calibração da massa volúmica da água.	62
Figura 23 - Gráfico representativo da curva de calibração da capacidade calorífica da água.	62

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Plano de actividades realizadas ao longo do estudo.....	3
Tabela 2 – Limites de tolerância de qualidade da água para utilização nos processos têxteis.	4
Tabela 3 – Valores médios e parâmetros característicos do efluente têxtil bruto.....	6
Tabela 4 – Distribuição dos ciclos de tingimento.	17
Tabela 5 - Parâmetros das águas residuais.....	22
Tabela 6 - Dados fornecidos pelo relatório da auditoria energética realizada à ENDUTEX pela empresa IBERDROLA, Assessoria Energética	37
Tabela 7 - Características importantes no dimensionamento do permutador de placas, para diferentes hipóteses.	38
Tabela 8 - Resultados do dimensionamento do permutador de placas.	39
Tabela 9 – Mapa de amortizações do investimento.	43
Tabela 10 – Mapa dos Cash Flows para o período do projecto, 5 anos, a preços correntes.	44
Tabela 11 - Valores de viscosidade, condutividade térmica, massa volúmica e capacidade calorífica da água para diferentes temperaturas.	60

Nomenclatura

Símbolo	Designação	Unidades
A	Massa da cápsula de porcelana com sólidos	mg
A'	Área da superfície de transferência de calor	m ²
a	Área projectada de uma placa	m ²
B	Massa da cápsula de porcelana	mg
b	Folga entre as placas	m
C	Massa do filtro de fibra de vidro	mg
CQO	Carência química de oxigénio	(mg O ₂ /L)
cp _a	Capacidade calorífica do fluido frio (água do rio)	J/K
cp _e	Capacidade calorífica do fluido quente (efluentes)	J/K
D	Massa do filtro de fibra de vidro com sólidos	mg
D _e	Diâmetro externo do tubo	m
D _i	Diâmetro interno do tubo	m
Dureza	Dureza total da amostra	mg CaCO ₃ /L
d _{eq}	Diâmetro equivalente das passagens entre as placas	m
F	Factor de correcção da temperatura	adimensional
f	Factor de atrito de Fanning	adimensional

g	Aceleração da gravidade	m^2/s
H_B	Altura manométrica	m
H_{vapor}	Entalpia do vapor	KJ/Kg vapor
h_a	Coeficiente pelicular de transferência de calor para o fluido frio (água do rio)	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
h_e	Coeficiente pelicular de transferência de calor para o fluido quente (efluentes)	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
h_f	Perdas de carga	m
h_{fs}	Perdas da sucção	m
h_p	Coeficiente pelicular de transferência de calor para o fluido que circula num permutador de placas	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
j_f	Factor de atrito	adimensional
K	Condutividade térmica do material das placas	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
k_a	Condutividade térmica do fluido frio (água do rio)	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
k_e	Condutividade térmica do fluido quente (efluentes)	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
k_f	Condutividade térmica do fluido que circula num permutador de placas	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
L	Altura da placa	m
$m'_{\text{vapor evitado}}$	Caudal mássico de vapor evitado	Kg/s
N	Normalidade do ácido	mg $CaCO_3/L$
N_{EDTA}	Normalidade do EDTA	mg $CaCO_3/L$
NKjeldhal	Concentração de Azoto Kjeldhal na amostra	mg/L
NPSH	Carga efectiva positiva na sucção	m

Nt	Normalidade do titulante	mg/L
Nu	Número de Nusselt	adimensional
np	Número de placas	adimensional
P	Pressão	bar
$P_{\text{perdas tanque 1}}$	Potência térmica das perdas do tanque 1	W
Pr	Número de Prandtl	adimensional
P_t	Potência térmica derivada do aumento de temperatura do tanque 1	KW
Pv	Pressão de vapor	Pa
P_{VAPE}	Potência térmica transferida pela VAPE	W
Q'	Calor transferido entre os dois fluidos	W
Q_a	Caudal volumétrico do fluido frio (água do rio)	m^3/s
Q_e	Caudal volumétrico do fluido quente (efluentes)	m^3/s
Q_f	Caudal retirado do furo	m^3/h
Q_j	Caudal de água de arrefecimento	m^3/s
Re	Número de Reynolds do fluido que circula num permutador de placas	adimensional
Re_a	Número de Reynolds do fluido frio (água do rio)	adimensional
Re_e	Número de Reynolds do fluido quente (efluentes)	adimensional
R_s	Factor de incrustação	$(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}$
T	Alcalinidade Total	mg CaCO_3/L
Te_a	Temperatura de entrada do fluido frio (água do rio)	$^\circ\text{C}$

T_{e_e}	Temperatura de entrada do fluido quente (efluentes)	$^{\circ}\text{C}$
T_j	Temperatura da água de arrefecimento	$^{\circ}\text{C}$
T_{s_a}	Temperatura de saída do fluido frio (água do rio)	$^{\circ}\text{C}$
T_{s_e}	Temperatura de saída do fluido quente (efluentes)	$^{\circ}\text{C}$
t	Tempo de operação da tinturaria anualmente	h
U	Coefficiente global de transferência de calor	$\text{W}/\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$
V_A	Volume de ácido utilizado	mL
V_a	Volume de amostra	mL
V_b	Volume de titulante gasto no branco	mL
V_{EDTA}	Volume de EDTA gasto na titulação	mL
V_{T_a}	Volume de titulante gasto na amostra	mL
v	Velocidade do fluido no espaço entre as placas	m/s
v_m	Velocidade média do fluido	m/s
w	Largura da placa	m
z	Cota	m
α	Factor correctivo do termo cinético	adimensional
ρ_a	Massa específica do fluido frio (água do rio)	Kg/m^3
ρ_e	Massa específica do fluido quente (efluentes)	Kg/m^3
μ_a	Viscosidade do fluido frio (água do rio)	Pa.s
μ_e	Viscosidade do fluido quente (efluentes)	Pa.s

ΔP	Perda de carga do fluido	Pa
ΔT_{lm}	Média logaritmica da diferença de temperatura entre o fluido quente e o fluido frio	°C
ΔT_m	Diferença média de temperatura entre o fluido quente e o fluido frio	°C
Δx	Espessura da placa	m
$\sum L$	Comprimento equivalente da tubagem	m
ε / D	Rugosidade relativa	adimensional

1. Introdução

A explosão demográfica associada a factores como a intensa industrialização, poluição e exaustão dos recursos naturais, relacionados entre si, têm provocado nos últimos anos grande preocupação com o meio ambiente, em particular com a água.

A intensificação das actividades industriais vem acompanhada do aparecimento de aglomerados urbanos, que se utilizam de grandes volumes de água para seu abastecimento, gerando como consequência, enormes quantidades de esgotos sanitários, que são inadequadamente dispostos, agravando ainda mais as questões ambientais relacionadas aos recursos hídricos.

Com a globalização da economia, e a consciencialização da necessidade de um desenvolvimento sustentável, visando a preservação do meio ambiente e a manutenção dos ecossistemas, as indústrias têm que se adequar para atender a rigorosos padrões de qualidade, inclusive os relacionados ao desempenho ambiental, através da certificação ISO 14000.

As empresas, na busca desta certificação, têm que cumprir exigências para o desenvolvimento, implementação e manutenção de sistemas de gestão ambiental, assegurando a concordância com políticas e objectivos ambientais estabelecidos.

O sector têxtil, inserido neste contexto, foi um dos que passou a se preocupar com a protecção ambiental contra os agentes poluidores. Isto, por força da consciencialização social de uma melhor qualidade ambiental para as futuras gerações, bem como pela exigência dos órgãos governamentais, determinando o cumprimento da legislação.

Como resultado de uma revisão do Decreto-Lei n.º 74/90 de 7 de Março, surge o Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto, no qual se estabelece normas, critérios e objectivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos.

Desta forma, aumenta-se o interesse pela nova directriz tecnológica para o tratamento de efluentes líquidos industriais, que se fundamenta na utilização de matérias-primas alternativas não poluidoras, na redução do consumo, reutilização e/ou reciclagem. ^[1]

Enquadramento e Objectivos do Trabalho

Foram utilizados como elemento principal de estudo, os efluentes líquidos dos processos industriais da ENDUTEX, Tinturaria e Acabamento de Malhas, S. A. localizada no município de Caldas de Vizela, distrito de Braga.

A ENDUTEX centra a sua actividade no tingimento e acabamento de malhas de algodão e fibras mistas, sendo a produção da empresa dividida em dois tipos de produtos, a malha tingida e a malha acabada.

A empresa é abastecida de água pela rede pública e pela captação no rio de Vizela, fornecendo um caudal total de 51 m³/h.

As águas residuais têm origem nos esgotos sanitários e nos processos industriais de tingimento e acabamento. Actualmente toda a água suja segue directamente para a ETAR, independentemente da sua temperatura, sendo a temperatura média da água suja rejeitada de 50°C.

O estudo foi realizado na empresa devido ao interesse da mesma em poder reaproveitar o calor libertado nos efluentes para aquecimento de parte da água captada no rio de Vizela.

O objectivo do trabalho consiste no dimensionamento de um permutador de calor que permita satisfazer o interesse da empresa, assim como, um estudo económico relativo aos custos envolventes.

Sendo assim, e com vista ao cumprimento dos objectivos propostos, o presente relatório é composto por 8 capítulos.

O capítulo 2 traduz a revisão bibliográfica relacionada com a indústria têxtil, nomeadamente com a geração e tratamento de efluentes.

No capítulo 3 faz-se a descrição do processo produtivo da ENDUTEX assim como da rede de distribuição de água.

O capítulo 4 traduz uma breve descrição sobre amostragem e sobre os resultados experimentais das análises efectuadas a diferentes amostras do efluente. Sendo que, os parâmetros analisados foram a cor, turvação, temperatura, pH, alcalinidade total, dureza total, azoto Kjeldahl, fósforo reactivo, metais (ferro, cálcio, crómio), sólidos totais, sólidos dissolvidos, sólidos suspensos e carência química de oxigénio.

No capítulo 5 são apresentados a escolha e o dimensionamento do permutador de calor.

No capítulo 6 são apresentados os resultados do estudo económico elaborado.

No capítulo 7 são apresentadas as principais conclusões obtidas neste trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

No capítulo 8 são apresentadas as referências bibliográficas.

1.1. Plano de Trabalho

Com o intuito de concretizar os objectivos propostos foram realizadas visitas semanais à empresa. A tabela 1 apresenta o plano de actividades realizadas ao longo do estudo.

Tabela 1 – Plano de actividades realizadas ao longo do estudo.

Data	Actividade
13/02/09	Visita às instalações da Endutex
13/02/09 a 20/02/09	Estudo do processo e definição dos dados relevantes para o projecto
20/02/09	Reunião com o Engenheiro Vasco Silva para obtenção de dados relevantes para o início do projecto
20/02/09 a 6/03/09	Pesquisa Bibliográfica
6/03/09	Recolha de amostras do efluente para posterior análise físico-química
06/03/09 a 27/03/09	Análise química das amostras do efluente e pesquisa bibliográfica
27/03/09	Recolha de amostras do efluente para posterior análise físico-química
27/03/09 a 03/04/09	Análise química das amostras do efluente e pesquisa bibliográfica
03/04/09	Recolha de amostras do efluente para posterior análise físico-química
03/04/09 a 18/06/09	Análise química das amostras do efluente e pesquisa bibliográfica
18/06/09 a 31/08/09	Pesquisa Bibliográfica
31/08/09 a 01/10/09	Dimensionamento do permutador
01/10/09 a 07/10/09	Estudo económico do projecto
07/10/09 a 17/10/09	Conclusão do Relatório de Estágio

2. Revisão Bibliográfica

Este capítulo traduz a revisão bibliográfica relacionada com a indústria têxtil, nomeadamente com a geração e tratamento de efluentes.

2.1. Indústria Têxtil

As indústrias possuem os seus próprios sistemas de captação e tratamento da água utilizada no processo industrial e nas demais actividades, necessárias para o seu funcionamento ^[2].

A utilização da água dentro de uma indústria têxtil ocorre basicamente em todas as etapas, seja directamente para lavagem, tingimento, amaciamento e outros, ou seja, indirectamente para fazer arrefecimento, aquecimento ou produção de vapor em caldeiras ^[2].

A qualidade da água utilizada no processo têxtil possui limites de tolerância e restrições que variam conforme o autor.

Na tabela 2 são apresentados os limites de tolerância que caracterizam a qualidade da água para utilização no processo têxtil.

Tabela 2 – Limites de tolerância de qualidade da água para utilização nos processos têxteis ^[2].

Parâmetro	Tolerância (mg/L)
Turvação	<5
Sólidos Suspensos	<5
Cor	<5 (como PtCo)
pH	7 – 9
Acidez/Alcalinidade	<100 (como CaCO ₃)
Dureza	<70 (como CaCO ₃)
Ferro	<0,3
Manganês	<0,05
Cobre	<0,01
Chumbo e Metais Pesados	<0,01
Alumínio	<0,25
Sílica	<10
Sulfato	<250
Sulfito	<1
Cloreto	<250

Fosfato	Sem limite
Oxigénio Dissolvido	Sem limite
Dióxido de Carbono	<50
Nitrito	<0,5
Cloro	<0,1
Amónia	<0,5
Óleos, graxas, gorduras, sabões	1
Agentes de clareamento fluorescente	<0,2
Sólidos Totais	<500

O processo têxtil de produção de tecidos é dividido em fiação, tecelagem e acabamento.

Na etapa de acabamento os tecidos são tratados para adquirirem as características de toque, impermeabilidade e estabilidade dimensional. Esta etapa é dividida em ^[2]:

- Tratamento prévio ou Preparação – Elimina-se a impureza das fibras e melhora-se a estrutura do material para prepará-lo para as operações de tingimento, estamparia e acabamento;
- Tingimento – Os materiais têxteis devem ser coloridos uniformemente;
- Estamparia – Aplicação de um desenho colorido no material têxtil;
- Acabamentos – Operações que conferem as características essenciais de aspecto, brilho, toque, caimento, amarrotamento, resistência, etc.

2.1.1. Geração e tratamento de efluentes têxteis

Para o controle da poluição causada por efluentes industriais, o procedimento mais comum tem sido a adopção de tecnologias de tratamento de efluentes, as quais representam despesas de investimentos improdutivo suplementares e custos de operação elevados (15 a 20% do investimento inicial), que aumentam à medida que as instalações envelhecem ^[2].

A caracterização dos efluentes têxteis é um factor de difícil descrição, uma vez que a grande característica deste tipo de efluente é a sua descontinuidade e diversidade, uma vez que o processo produtivo é cíclico na totalidade das suas operações. Existe uma diversidade extrema de matérias-primas e esquemas de produção empregados pela indústria têxtil que atribuem problemas característicos ao efluente ^[2].

O processo produtivo da indústria têxtil gera emissões de poluentes sólidos, gasosos e líquidos. Porém são as emissões de poluentes líquidos que causam a maior contaminação e modificação do ambiente. Os efluentes líquidos da indústria têxtil são tóxicos e geralmente não biodegradáveis e também resistentes à destruição por métodos de tratamento físico-químico. A não biodegradabilidade dos efluentes têxteis deve-se ao alto conteúdo de corantes, surfactantes e aditivos que geralmente são compostos orgânicos de estruturas complexas ^[2].

São apresentados, na tabela 3, os valores médios e os parâmetros característicos dos efluentes destinados ao tratamento biológico e físico-químico, das indústrias têxteis.

Tabela 3 – Valores médios e parâmetros característicos do efluente têxtil bruto ^[2].

Parâmetro	Valor médio
Temperatura (°C)	35
CBO ₅ (mg/L)	300
CQO (mg/L)	1000
Sólidos em Suspensão (mg/L)	200
Sólidos Sedimentáveis (mg/L)	0 – 1/3
Azoto Total (mg/L)	30 – 40
Fenóis (mg/L)	5 – 10
pH	7 – 10
Azoto Amoniacal (mg/L)	20 – 30
Fósforo (mg/L)	5 – 10
Tensoactivos (mg/L)	30 – 40
Cloretos (mg/L)	1000 – 1500
Sulfatos (mg/L)	1000 – 1500
Cor (após diluição)	1/40
Óleos e Graxas (mg/L)	30 – 40

Numa ETAR as águas residuais passam por vários processos de tratamento com o objectivo de separar ou diminuir a quantidade da matéria poluente da água. As fases do tratamento englobam ^[3]:

1. Pré tratamento ou tratamento preliminar

O esgoto é sujeito aos processos de separação dos sólidos mais grosseiros como a gradagem que pode ser composto por grades grosseiras, grades finas e/ou peneiras rotativas, o desarenamento nas caixas de areia e o desengorduramento nas chamadas caixas de gordura ou em pré-decantadores. Nesta fase, o esgoto é, desta forma, preparado para as fases de tratamento subsequentes, podendo ser sujeito a um pré-arejamento e a uma equalização tanto de caudais como de cargas poluentes.

O esgoto, após a fase de pré-tratamento, possui ainda praticamente inalteradas as suas características poluidoras.

2. Tratamento primário

No tratamento primário, a matéria poluente é separada da água por sedimentação nos sedimentadores primários. Este processo exclusivamente de acção física pode, em alguns casos, ser ajudado pela adição de agentes químicos que através de uma coagulação/floculação possibilitam a obtenção de flocos de matéria poluente de maiores dimensões e assim mais facilmente decantáveis.

Após o tratamento primário, a matéria poluente que permanece na água é de reduzidas dimensões, normalmente constituída por colóides, não sendo por isso passível de ser removida por processos exclusivamente físico-químicos. A eficiência de um tratamento primário pode chegar a 60%.

3. Tratamento secundário

Processos biológicos, destacando-se os sistemas aeróbios intensivos quer por biomassa suspensa (lamas activadas) quer por biomassa fixa (leitos percoladores e biodiscos ou discos biológicos) e os sistemas aquáticos por biomassa suspensa (lagunagem).

A matéria orgânica (poluente) é consumida por microrganismos nos chamados reactores biológicos. Estes reactores são normalmente constituídos por tanques com grande quantidade de microrganismos aeróbios, havendo por isso a necessidade de promover o seu arejamento. O esgoto saído do reactor biológico contém uma grande quantidade de microrganismos, sendo muito reduzida a matéria orgânica remanescente. A eficiência de um tratamento secundário pode chegar a 95%. Os microrganismos sofrem posteriormente um processo de sedimentação nos designados sedimentadores (decantadores) secundários.

Finalizado o tratamento secundário, as águas residuais tratadas apresentam um reduzido nível de poluição por matéria orgânica, podendo na maioria dos casos, serem admitidas no meio ambiente receptor.

4. Tratamento terciário

Normalmente antes do lançamento final no corpo receptor, é necessário proceder à desinfecção das águas residuais tratadas para a remoção dos organismos patogénicos ou, em casos especiais, à remoção de determinados nutrientes, como o azoto e o fósforo, que podem potenciar, isoladamente e/ou em conjunto, a eutrofização das águas receptoras (acumulo de nutrientes que encoraja o crescimento excessivo de algas e cianobactérias (bloom)). Existem diferentes processos para remoção de azoto e de fósforo.

A desnitrificação requer condições anóxicas para que as comunidades biológicas apropriadas se formem, sendo facilitada por um grande número de bactérias. Os métodos de filtragem em areia, assim como um sistema de lamas activadas, bem projectado, podem reduzir uma significativa parte do azoto.

A remoção de fósforo pode ser feita por precipitação química, geralmente com sais de ferro (ex. cloreto férrico) ou alumínio (ex. sulfato de alumínio). A lama química resultante é difícil de tratar e o uso dos produtos químicos torna-se caro. Apesar disso, a remoção química de fósforo requer equipamentos muito menores que os usados por remoção biológica.

5. Desinfecção

A desinfecção das águas residuais tratadas objectiva a remoção dos organismos patogénicos. O método de cloração tem contribuído significativamente na redução de odores em estações de tratamento de esgoto, tendo-se revelado entre os processos artificiais, o de menor custo e de elevado grau de eficiência em relação a outros processos como a ozonização que é bastante dispendiosa e a radiação ultra-violeta que não é aplicável a qualquer situação.

2.1.1.1. Processo de lamas activadas

Dentro dos processos biológicos, destacam-se os sistemas aeróbios intensivos por biomassa suspensa (lamas activadas).

Lama activada é um processo de tratamento de esgoto destinado à destruição de poluentes orgânicos biodegradáveis presentes em águas residuais, efluentes e esgotos ^[4].

O processo baseia-se na oxidação da matéria orgânica, por bactérias aeróbias, controlada pelo excesso de oxigénio em tanques de arejamento e posteriormente direccionado aos decantadores. A lama decantada retorna ao tanque de arejamento como forma de reactivação da população de bactérias no tanque. Este retorno dá-se na entrada do tanque onde a lama em fase endógena se mistura ao efluente rico em poluente, aumentando assim a eficiência do processo. É fundamental que a água a ser tratada não possua outros componentes que prejudiquem a vida de tais bactérias ^[4].

Os sistemas de lamas activadas são dimensionados assumindo que a separação das lamas biológicas da fase líquida é uma operação altamente eficiente obtendo-se por conseguinte um efluente secundário de qualidade. No entanto, deve-se efectuar um controlo frequente da biomassa do reactor biológico e dos parâmetros com ela relacionados, para que a eficiência do processo seja elevada ^[4].

Os parâmetros que influenciam a actividade microbiana são ^[4]:

- pH – as enzimas que regulam as reacções bioquímicas entre os microrganismos dependem do pH, encontrando-se o pH óptimo de actuação entre 6 e 8;
- Temperatura – as reacções bioquímicas são muito dependentes da temperatura. Para baixas temperaturas a reacção ocorre mais lentamente;
- O₂ dissolvido – os microrganismos precisam de O₂ para viver. Num processo de lamas activadas se a quantidade de O₂ dissolvido for inferior a 0,5 mg/L os microrganismos entram em anaerobiose, resultando desse facto, produtos indesejáveis no processo. Para quantidades de O₂ dissolvido superiores a 2 mg/L, a capacidade de sedimentação das lamas diminui;
- Nutrientes – os microrganismos necessitam de determinados nutrientes para o seu crescimento, tais como carbono (C), azoto (N) e fósforo (F). Quando estes nutrientes não se encontram disponíveis, o metabolismo dos microrganismos não consegue produzir enzimas suficientes para a degradação da matéria orgânica;

- Agitação – promove a mistura dos microrganismos com o O_2 e com os nutrientes e para remover os produtos metabólicos indesejáveis. Uma agitação excessiva pode quebrar os flocos formados no reactor. Uma agitação insuficiente pode provocar uma lacuna no contacto entre os microrganismos e o O_2 e nutrientes, levando a um tratamento inadequado.
- Razão F/M – a razão quantidade de matéria orgânica / quantidade de microrganismos deve estar compreendida entre 0,3 e 0,6 de modo a garantir boas condições de sedimentabilidade. Para valores abaixo de 0,3 ocorre insuficiência do alimento para o crescimento dos microrganismos provocando a morte dos mesmos. Para valores superiores a 0,6 os microrganismos crescem rapidamente devido ao excesso de alimento, podendo dar origem ao fenómeno de bulking.

Seguidamente serão apresentadas algumas fotografias da ETAR, que traduzem as diferentes fases do tratamento dos efluentes.



Figura 1 - Imagens do pré-tratamento do efluente.

A figura 1 traduz a fase do pré-tratamento do efluente, sendo este direccionado para um tanque de pré-arejamento e equalização de caudais e cargas poluentes, passando seguidamente por uma peneira rotativa para separação dos sólidos mais grosseiros.



Figura 2 - Imagens do tratamento primário do efluente.

A figura 2 traduz a fase do tratamento primário do efluente, onde ocorre uma sedimentação da matéria poluente.



Figura 3 – Imagens do tratamento secundário do efluente.

A figura 3 traduz o tratamento secundário do efluente, onde nos reactores biológicos a matéria orgânica (poluente) é consumida por microrganismos.

O facto da temperatura ser um dos parâmetros que influenciam a actividade microbiana no tratamento biológico, foi mais um dos aspectos que tornou relevante a realização deste projecto, de modo a otimizar a temperatura de lançamento dos efluentes no tratamento biológico. É de referir que a temperatura máxima aceitável é de cerca de 30°C e a temperatura mínima de 10°C.

3. ENDUTEX, Tinturaria e Acabamento de Malhas, S. A.

A ENDUTEX centra a sua actividade no tingimento e acabamento de malhas de algodão e fibras mistas, sendo a produção da empresa dividida em dois tipos de produtos, a malha tingida e a malha acabada ^[5].

3.1. Processo produtivo

O processo de fabrico da ENDUTEX é apresentado genericamente no fluxograma da figura 4 abaixo apresentada.

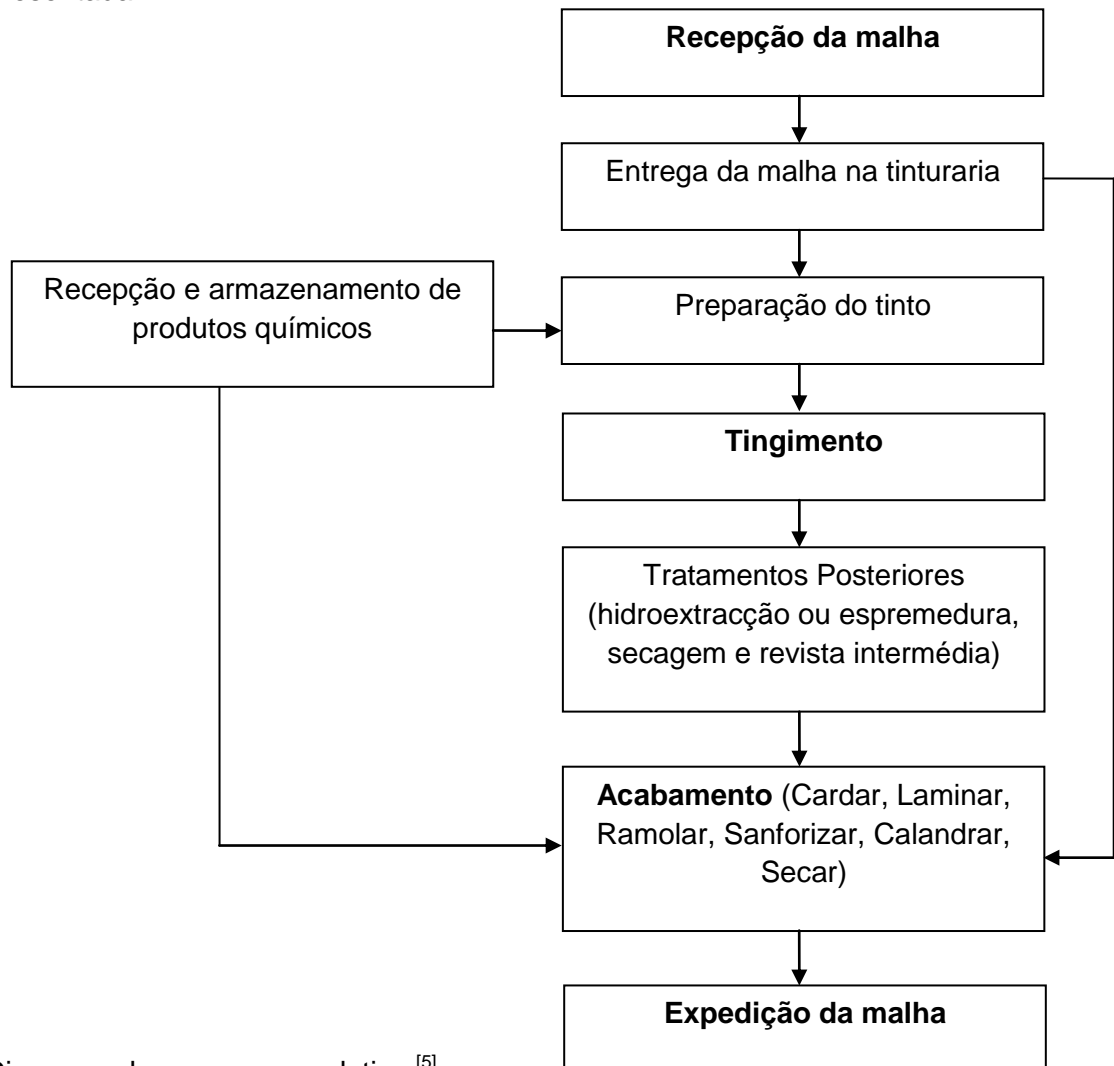


Figura 4 - Diagrama do processo produtivo ^[5].

O processo produtivo é composto pelas seguintes operações principais, encontrando-se cada uma delas numa área da nave principal ilustrada na figura 5 ^[5]:

- Recepção da malha;
- Tingimento;

- Acabamento;
- Expedição da malha.

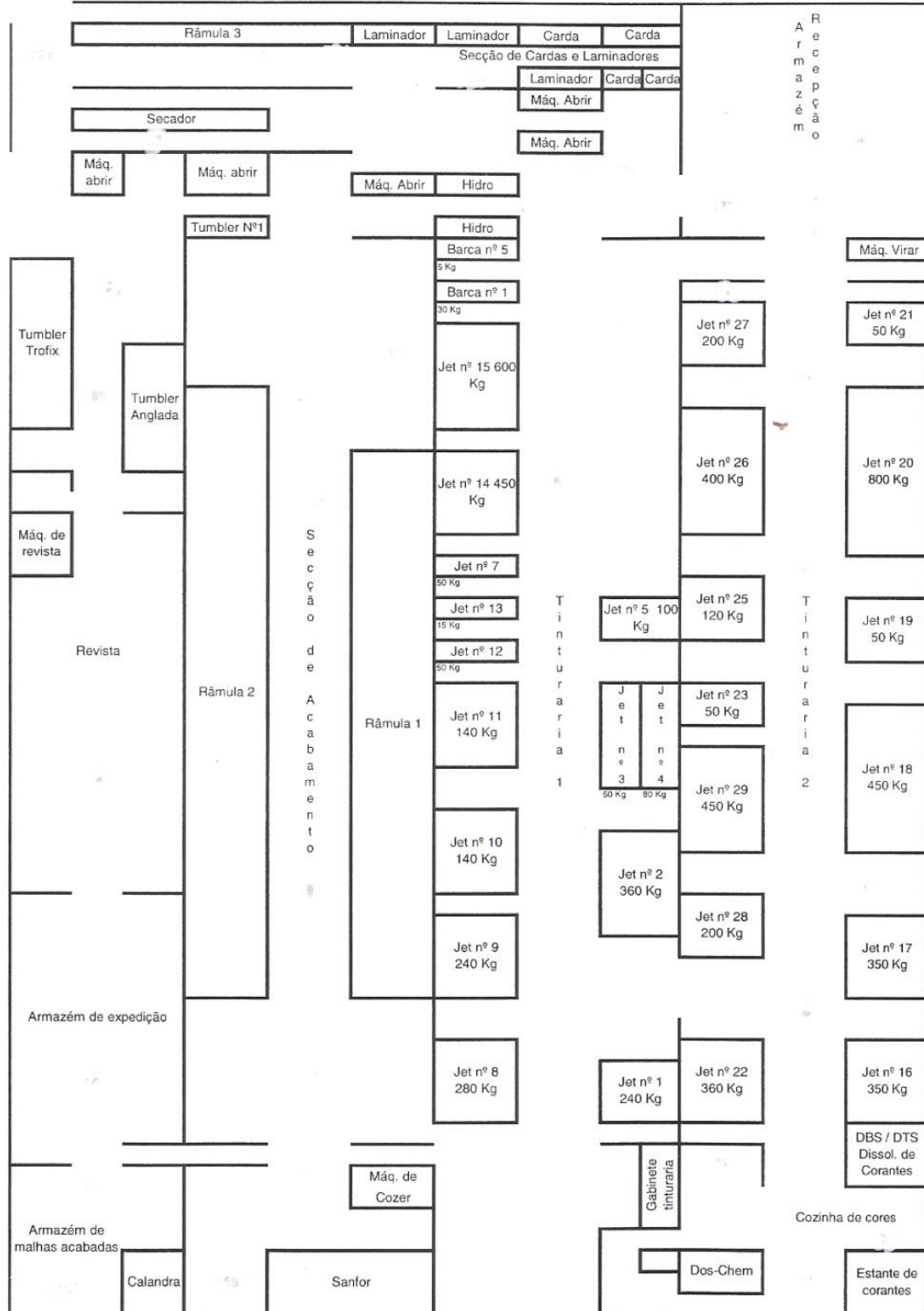


Figura 5 - Planta da área principal da empresa [5].

Das operações atrás referidas, tanto o tingimento como o acabamento subdividem-se numa série de sub-operações, a saber ^[5]:

1. Operação de Tingimento – Nesta operação inclui-se, em alguns casos, um pré-acabamento que consiste em abrir, termofixar, laminar, pesar ou coser as malhas. O processo de tingimento é uma operação destinada a colorir uniformemente os materiais têxteis e divide-se em três etapas:
 - Preparação do tinto – o tinto consiste numa mistura de água, corantes e outras substâncias que conduzem a uma melhor igualação do tingimento.
 - Tingimento – para esta operação são usadas máquinas de tingir por esgotamento, como as barcas e os jets, nas quais a malha é tingida em corda.
 - Tratamentos posteriores – O material têxtil tingido é descosido, espremido, seco e sujeito a uma revista intermédia.
2. Operação de Acabamento – Processo que pode dividir-se em vários sub-processos que pretendem melhorar as características das malhas. Os sub-processos são os seguintes:
 - Cardar – Acção de “levantar pêlo” ou seja, fazer sobressair certo número de fibras individuais à superfície das malhas de forma a obter um melhor toque de malha.
 - Laminar – Cortar o pêlo ou as “argolas” da malha.
 - Calandrar – “Passagem a ferro” em contínuo, passando a malha entre um rolo mecânico aquecido e um rolo com uma certa elasticidade.
 - Sanforizar – Garante que as variações dimensionais das malhas na lavagem não ultrapassem 1%.
 - Secar – Secagem da malha através da sua passagem por um secador e/ou centrifugação num tumbler.
 - Ramolar – Secagem da malha através da sua passagem por uma râmola.

3.2. Distribuição de água

A empresa é abastecida de água pela rede pública e pela captação no rio de Vizela, fornecendo um caudal total de 51 m³/h. Pretende-se aquecer 17 m³/h desta água para posteriormente ser utilizada no processo.

As águas residuais da empresa têm origem nos esgotos sanitários e nos processos industriais de tingimento e acabamento.

Como se verifica na figura 6, toda a água suja segue directamente para a ETAR, independentemente da sua temperatura.

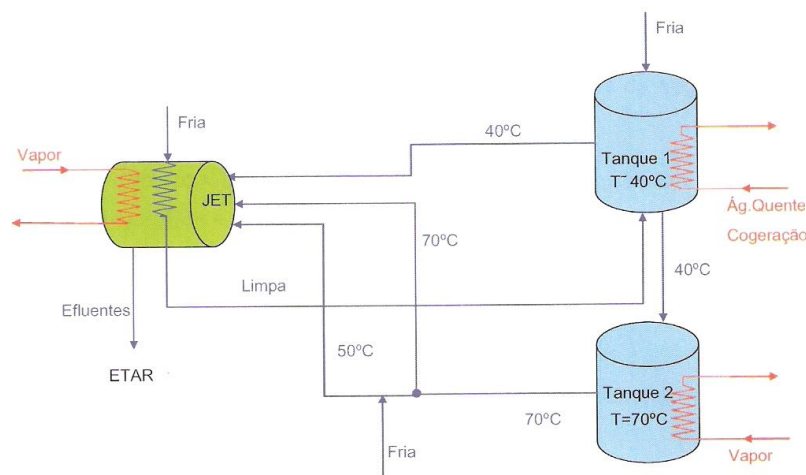


Figura 6 – Esquema do circuito de água [5].

A água quente utilizada na produção é proveniente de dois depósitos com capacidade de 52,5 m³ cada. Estes dois reservatórios designam-se por tanque 1 (T=40°C) e tanque 2 (T=70°C), e a água contida nos mesmos é utilizada nos processos de tingimento. A água do tanque 1, é aquecida num permutador à custa da água de refrigeração do motor da central de cogeração da VAPE e da água de arrefecimento dos jets, e a temperatura média é de 40°C. A água do tanque 2 é proveniente do tanque 1 e é mantida a 70°C com recurso à utilização de um permutador e ao vapor proveniente da VAPE e da central térmica da ENDUTEX [5].

Os consumos de água por unidade de massa do material e as características dos efluentes produzidos por uma planta de acabamento dependerão do tipo de fibras processadas e dos produtos químicos empregados.

Os jets, independentemente da sua capacidade, estão preparados para realizar qualquer tipo de tingimento. O mesmo tecido pode ser sujeito a vários tingimentos (Meia Branqueação, Tingimento Reactivo, Lavagem de Reactivos, Tingimento PES, Lavagem de Dispersos Tingimento Ácido) que exigem diferentes quantidades de água e temperatura. Na tabela 4, ilustra-se os principais ciclos de tingimento que operam nas várias malhas ^[5].

Tabela 4 – Distribuição dos ciclos de tingimento ^[5].

Tratamentos	Tipo de Fibra		
	Algodão (64%)	Poliéster (33%)	Poliamida (3%)
Meia Branqueação	x		
Tingimento Reactivo	x		
Lavagem Reactivos	x		
Tingimento PES		x	
Lavagem Dispersos		x	
Tingimento Ácido			x

Seguidamente nas figuras 7 a 12 serão apresentados os esquemas simplificados dos principais ciclos de tingimento.

MEIA BRANQUEAÇÃO 100%CO

- A - Auxiliares
- B - Carbonato
- C - H₂O₂
- D - CH₃COOH
- E - Catalase
- 1º tempo - MCS
- 2º tempo - Máq. Tradicional

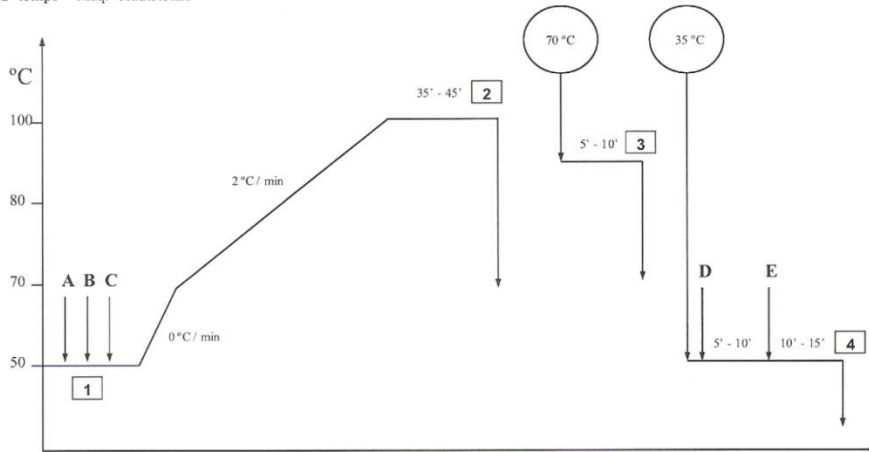


Figura 7 – Esquema simplificado do ciclo Meia Branqueação 100% CO [5].

TINGIMENTO REACTIVO SI 98 - 80 °C - PROCION - CO

- A - Auxiliares
- B - Carbonato
- C - Corante
- D - Amostra
- S - Sal
- 1º tempo - MCS
- 2º tempo - Máq. Tradicional

- CC - 30' - 40'
- CM - 40' - 50'
- CE - 50' - 60'

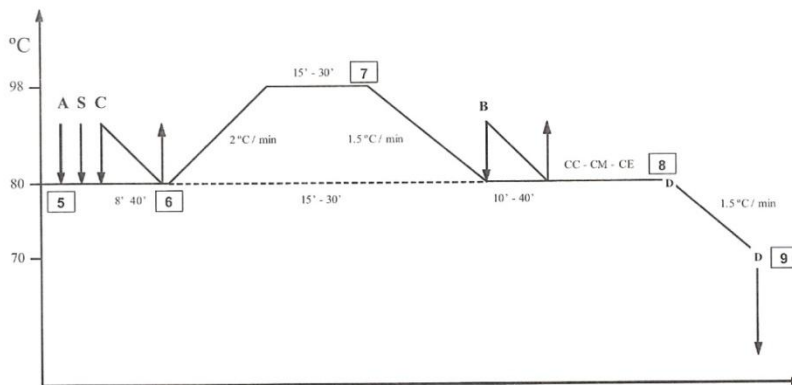


Figura 8 – Esquema simplificado do ciclo Tingimento Reactivo SI 98-80°C – Procion – CO [5].

LAVAGEM DE REACTIVOS CM - PROCIÓN

A - Sabão
 1º tempo - MCS
 2º tempo - Máq. Tradicional

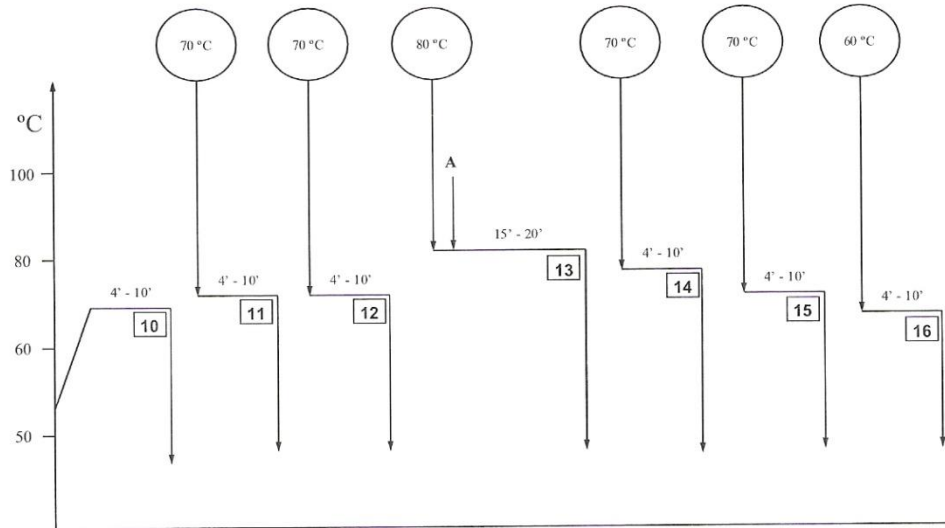


Figura 9 – Esquema simplificado do ciclo Lavagem de Reactivos CM – Procion [5].

TINGIMENTO PES 135°C - CC

A - Auxiliares.
 B - Ácido
 C - Corante
 D - Amostra
 1º tempo - MCS
 2º tempo - Máq. Tradicional

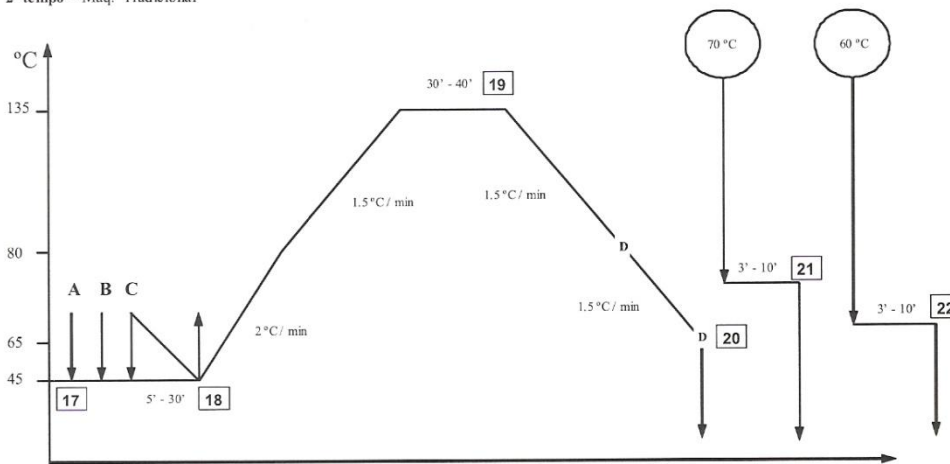


Figura 10 – Esquema simplificado do ciclo Tingimento PES 135°C – CC [5].

LAVAGEM DE DISPERSOS - CM

A - Soda Solvay
 B - Redutor
 1º tempo - MCS
 2º tempo - Máq. Tradicional

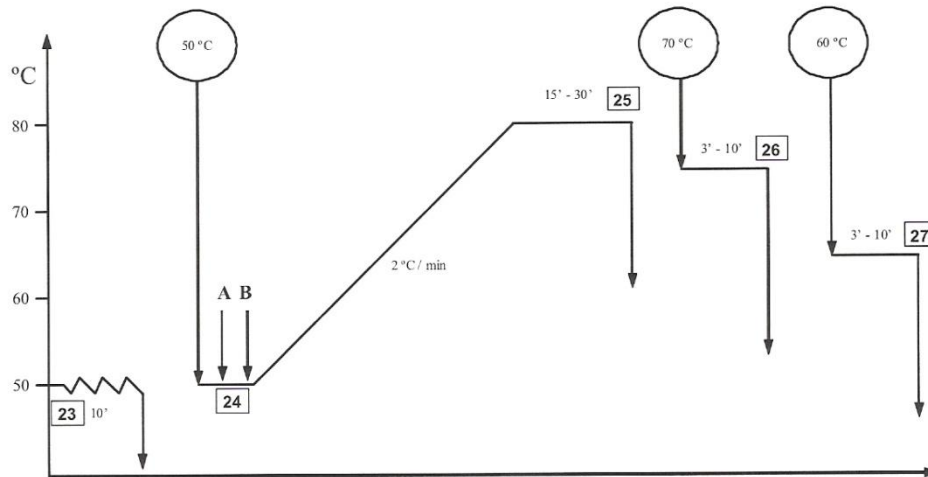


Figura 11 – Esquema simplificado do ciclo Lavagem de Dispersos – CM [5].

TINGIMENTO ÁCIDO 98°C - 105°C s/ PAT. 70°C

A - Auxiliares
 B - Acido
 C - Corante
 D - Amostra
 1º tempo - MCS
 2º tempo - Máq. Tradicional

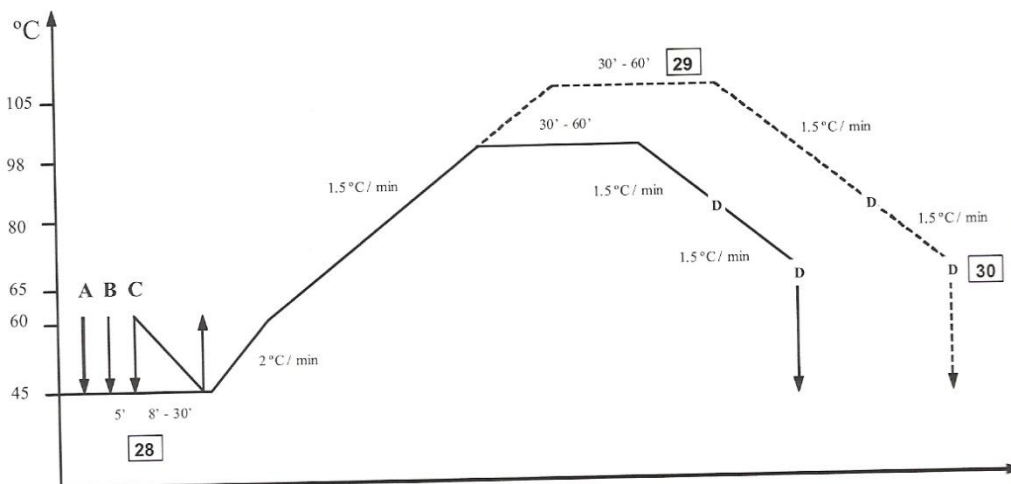


Figura 12 – Esquema simplificado do ciclo Tingimento Ácido 98°C – 105°C [5].

A temperatura média da água suja rejeitada pelos jets é de 50°C, como comprova o gráfico representado na figura 13, com as medições realizadas entre 4 a 9 de Julho de 2007. A temperatura máxima foi de 76,4°C e a mínima de 15,5°C [5].

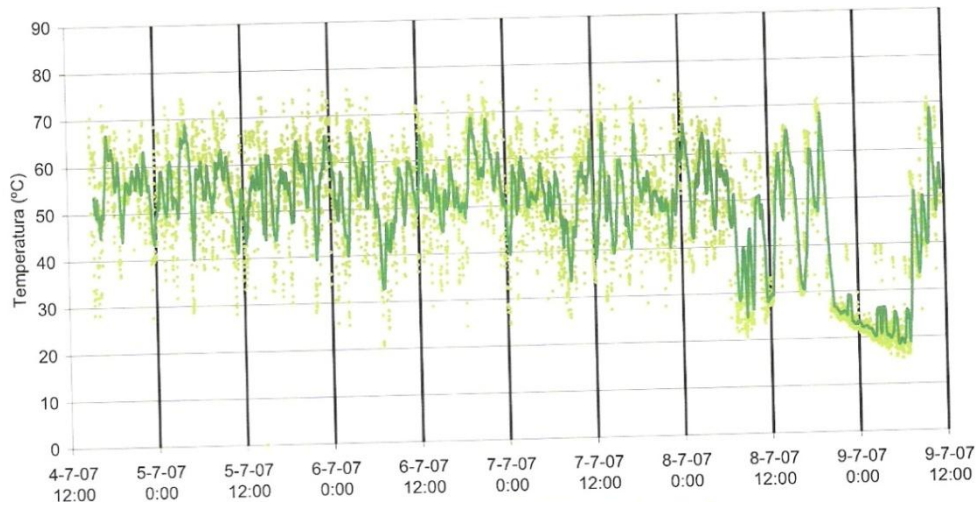


Figura 13 – Gráfico representativo da variação da temperatura dos efluentes da tinturaria ao longo do tempo ^[5].

Torna-se assim relevante, o dimensionamento de um permutador de calor que permita reaproveitar o calor libertado nos efluentes para um pré-aquecimento de parte da água captada no rio de Vizela. A água pré-aquecida é dirigida para o tanque 1 e os efluentes, cujo calor já foi recuperado, para a ETAR. É de se referir que apesar de actualmente toda a água suja seguir directamente para a ETAR, independentemente da sua temperatura, com este projecto será necessário uma separação dos efluentes por temperaturas de modo a se aproveitar os efluentes que representem uma maior potência recuperável de água quente.

No entanto, e antes da escolha do tipo de permutador a usar torna-se necessária uma caracterização do efluente.

4. Caracterização do Efluente

Sempre que se pretende caracterizar um efluente, é geralmente impossível examinar a sua totalidade sendo necessário colher amostras, pelo que estas devem ser representativas devendo ser tomadas todas as precauções para assegurar que as mesmas não sofram alterações entre a colheita e a análise.

Como numa tinturaria têxtil não existe uma produção constante e regular, com as mesmas quantidades de malha a serem sujeitas aos mesmos tingimentos, realizaram-se análises ao efluente obtido no período de 06/03/09 a 03/04/09, no qual predominou o tratamento de poliéster.

A recolha do efluente foi realizada à entrada do tanque de tratamento primário, para um recipiente limpo (garrafa de água). Os parâmetros temperatura e pH foram lidos no local da recolha. O resultado desta amostragem esteve dependente do caudal e da variabilidade das características do efluente. É de referir que, os procedimentos experimentais para a análise dos parâmetros referidos na tabela 5 foram os apresentados nos manuais de laboratório da universidade. Os exemplos de cálculo são apresentados em anexo (capítulo 2).

Tabela 5 - Parâmetros das águas residuais.

Parâmetros		Valores médios de Emissão
Físicos	Temperatura (°C)	54,0
	Cor (unidades PtCo)	>500
	Turvação (Ftu)	336,5
	Sólidos Suspensos (mg/L)	27,5
	Sólidos Dissolvidos (mg/L)	3333,3
	Sólidos Totais (mg/L)	3333,3
Químicos inorgânicos	pH	11,2
	Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L)	5650,0
	Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	26
	CQO (mg O ₂ /L)	735,1
	Azoto Kjeldahl (mg/L)	116,4
	Fósforo reactivo (mg/L)	26,2
	Ferro (mg/L)	40
	Crómio (mg/L)	0
	Cálcio (mg/L)	678,2

Os parâmetros analisados na água residual foram escolhidos com o intuito de caracterizar o efluente em causa, assim como verificar o risco de provocar ocorrência de incrustações no permutador de placas.

As incrustações são deposições ou precipitações sólidas, de natureza alcalinas, que ocorrem nas superfícies internas metálicas. Ocorrendo nos permutadores de calor provocam redução na transferência de calor, aumento da temperatura da superfície das placas por sobreaquecimento e eventuais rupturas da estrutura.

Seguidamente, descreve-se a importância de cada um dos parâmetros analisados.

A **Temperatura** é um parâmetro físico que influencia na velocidade das reacções químicas, na solubilidade dos gases, assim como na taxa de crescimento dos microrganismos.

Uma vez que esta influencia a actividade microbiana, mediu-se a temperatura dos efluentes à entrada do tanque de tratamento primário, sendo a temperatura média de cerca de 54°C.

É de referir que a temperatura máxima aceitável no tratamento biológico é de cerca de 30°C e a temperatura mínima de 10°C.

Com o reaproveitamento do calor libertado pelos efluentes para o aquecimento de água nova para o processo, o valor da temperatura dos efluentes irá diminuir ^[10].

A **Cor** pode ter origem natural inorgânica (ferro e manganês), origem orgânica (animal ou vegetal) ou origem industrial (têxteis, pasta de papel, refinarias, indústrias químicas). Pode ser designada de Cor aparente - a coloração da água tal como ela se apresenta, isto é, com as matérias em suspensão, ou de Cor verdadeira - aquela que a água apresenta após a remoção das matérias em suspensão.

A cor analisada teve origem industrial, visto tratar-se de um efluente da tinturaria têxtil, tendo sido medida como cor aparente na qual apresentou um valor superior a 500 unidades PtCo^[10].

A **Turvação** corresponde a águas que contenham matérias em suspensão, que interferem com a passagem da luz através da água. Pode ser causada por matérias em suspensão de origem orgânica, inorgânica, partículas coloidais ou sólidos de diversas dimensões.

O efluente analisado apresentou valores de turvação de cerca de 336,5 FtU ^[10].

Os **Sólidos Totais** são definidos como a matéria que permanece como resíduo após evaporação de 103 a 105 °C. Podem ser divididos em sólidos em suspensão (inclui os sólidos sedimentáveis que decantam após um período de 60 minutos e os sólidos não sedimentáveis), em sólidos filtráveis (inclui os sólidos coloidais (partículas com um diâmetro aproximado compreendido entre 1 m μ e 1 μ) e os sólidos dissolvidos (moléculas orgânicas e inorgânicas que estão em solução na água)).

O efluente analisado continha 3333,3 mg/L de sólidos totais, sendo que a totalidade destes sólidos se encontravam dissolvidos, sendo a quantidade de sólidos em suspensão pouco significativa ^[10].

O **pH** corresponde à concentração do ião hidrogénio [H⁺].

Consoante os valores do pH, as águas classificam-se em águas ácidas (pH <7), águas neutras (pH = 7) ou águas alcalinas (pH > 7).

O pH afecta a actividade biológica, que na maior parte dos casos, é apenas possível para valores de pH compreendidos em 6 e 8. Em processos de tratamento biológico há necessidade de manter os valores do pH entre 6 a 9,5.

O pH médio medido à entrada do tanque de tratamento secundário foi de 11,2 ^[10].

A **Alcalinidade** é a característica que consiste na capacidade de as águas neutralizarem compostos ácidos, devido a presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, quase sempre de metais alcalinos ou alcalinos terrosos (sódio, potássio, cálcio, magnésio, e outros) e, ocasionalmente boratos, silicatos e fosfatos. É expressa em miligrama por litro de carbonato de cálcio equivalente.

A alcalinidade presente na água auxilia na determinação da dosagem das substâncias flocculantes, no tratamento da água e de despejos industriais e junto com outros parâmetros analisados, fornece informações para o estudo das características corrosivas ou incrustantes da água.

A alcalinidade à fenolftaleína representa apenas o teor de hidróxidos e/ou carbonatos da amostra, expresso em termos de CaCO₃. Enquanto a alcalinidade total representa o teor de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos da amostra, expressa em termos de CaCO₃.

Uma água que possui alta alcalinidade apresenta valores acima de 2000 mg/L de CaCO₃; uma água que possui baixa alcalinidade apresenta valores abaixo de 20 mg/L de CaCO₃.

O efluente analisado apresenta elevado teor de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos, uma vez que a sua alcalinidade total foi de 5650,0 mg/L de CaCO₃ ^[10].

A **Dureza** de uma amostra de água é a medida da sua capacidade de precipitar sabão, devido à presença de catiões como o cálcio e o magnésio. Designam-se por águas duras aquelas que exigem muita quantidade de sabão para produzir espuma ou que dão origem a incrustações nas tubagens de água quente, nas panelas ou noutros equipamentos, nos quais a temperatura da água é elevada. Deve-se à presença de catiões metálicos bivalentes principalmente cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}).

Estes iões metálicos bivalentes estão, em geral, associados com o anião bicarbonato (HCO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}), cloreto (Cl^-) e nitrato (NO_3^-).

Com o aparecimento dos detergentes o problema da dureza, no que respeita ao consumo de sabão, perdeu o seu impacto. O problema é as incrustações.

É habitual distinguir-se entre:

- Dureza temporária (ou carbonatada), devida ao cálcio e ao magnésio que se encontram ligados aos bicarbonatos, e que são eliminados quando a água é fervida;
- Dureza permanente (ou não-carbonatada), devida ao cálcio e ao magnésio que se encontram associados aos sulfatos, cloretos, nitratos, e que não são eliminados quando a água é fervida.

O efluente analisado apresenta baixa probabilidade de causar incrustações no permutador de placas uma vez que apresenta baixa dureza, cerca de 26 mg/L de CaCO_3 , ou seja, não ocorrerá precipitação de carbonatos ^[10].

A **Carência de Oxigénio** está relacionada com o metabolismo de utilização dos compostos orgânicos pelos organismos vivos (organismos heterotróficos). Resulta da transformação da matéria orgânica (compostos de carbono) em CO_2 e H_2O e é uma reacção catalisada por organismos heterotróficos que existem com abundância nas águas residuais. Excepto nos casos em que existem substâncias tóxicas, a fase de oxidação da matéria orgânica inicia-se quase de imediato.

O teste da CQO mede a quantidade de oxigénio necessária para oxidar quimicamente, em determinadas condições, a matéria orgânica presente numa água. Para este efeito, o oxigénio equivalente à matéria orgânica é medido pela utilização de um agente oxidante químico forte como o dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$).

Dado que alguns compostos inorgânicos podem interferir com o teste, há que ter o cuidado prévio de os eliminar. Este teste é particularmente útil para medir a matéria orgânica em

águas residuais industriais e domésticas que contenham compostos tóxicos para os microrganismos ^[10]. A CQO do efluente analisado é de 735,1 mg O₂/L.

O método de **Kjeldahl** é utilizado para determinar o azoto contido numa substância orgânica. O azoto orgânico transforma-se em amoníaco por digestão com ácido sulfúrico e posterior alcalinização da solução. O amoníaco libertado destila-se e recolhe-se num volume conhecido de ácido padrão. Medindo o excesso de ácido por titulação sabe-se a quantidade de azoto presente na substância original. A concentração de azoto presente na amostra do efluente foi de 116,4 mg/L ^[10].

O **Fósforo** ocorre em águas naturais e em efluentes geralmente na forma de fosfatos de vários tipos (ortofosfatos, pirofosfatos, metafosfatos e polifosfatos), bem como fosfatos orgânicos.

Nos processos analíticos, deve-se converter a forma do fósforo de interesse em fosfatos solúveis e a posterior determinação colorimétrica destes.

A classificação das várias formas em que se encontra o Fósforo é função de uma definição analítica, podendo ser:

- a) Fosfatos filtráveis (ou dissolvidos): formas filtráveis através de membrana 0,45µ.
- b) Ortofosfatos (fósforo reactivo): são os que dão reacção colorimétrica sem hidrólise ou digestão oxidativa. Podem ser filtráveis ou particulados.
- c) Fosfatos ácidos – hidrolisáveis (fosfatos condensados): são convertidos a ortofosfatos por hidrólise ácida padronizada.
- d) Fosfatos orgânicos: fracções que são convertidas a fosfatos, somente por destruição oxidativa da matéria orgânica presente; podem existir nas formas solúveis ou particuladas.
- e) Fósforo total: é o Fósforo existente no conjunto das várias formas de fosfatos acima citadas, obtido após digestão ácida oxidativa, podendo ser particulado (em suspensão) ou dissolvido ^[10].

A concentração de fósforo na amostra de efluente foi determinada como fósforo reactivo sendo o seu valor de 26,4 mg/L.

Em anexo (capítulo 1) estão apresentados os relatórios das análises efectuadas pela empresa FDuarte, Lda ao efluente da ENDUTEX. Analisando o relatório do dia 19/03/2009 (mês em que foram realizadas as amostragens) e comparando-o com as análises efectuadas ao efluente verifica-se que os parâmetros analisados em comum, apresentam valores na mesma ordem de grandeza.

5. Permutador de Calor

A técnica de recuperação de energia mais usual consiste em utilizar o calor de uma corrente de processo a alta temperatura para aquecer uma corrente mais fria, poupando nos custos de vapor de água e poupando também água de arrefecimento, se a corrente quente requerer arrefecimento ^[6].

Os permutadores de calor são equipamentos utilizados para aumentar ou diminuir a temperatura de um fluido ou ainda para provocar uma mudança de fase, à custa da troca de calor entre dois ou mais fluidos ^[6].

A quantidade de energia que se pode recuperar dependerá da temperatura, caudal, capacidade calorífica e variação de temperatura possível, em cada corrente ^[6].

5.1. Classificação dos Permutadores de Calor

Os permutadores podem ser classificados dependendo do processo de transferência de calor, de acordo com a sua compacticidade, pelo tipo de construção, pela disposição das correntes e de acordo com os mecanismos de transferência de calor envolvidos ^[8].

Considerando o processo de transferência de calor, podem-se encontrar ^[8]:

- **Permutadores de contacto directo**

Numa coluna é introduzido vapor na parte inferior, em contracorrente com o líquido frio, que entra pelo topo da coluna. O produto condensado e o líquido são recolhidos na base da coluna.

- **Permutadores de contacto indirecto**

Os fluidos, quente e frio, estão separados por uma superfície sólida. Um exemplo deste tipo de permutadores é o permutador de tubos concêntricos, os quais são formados por dois tubos de diâmetros diferentes, sendo o mais pequeno inserido coaxialmente no interior do maior. Um dos fluidos circula no tubo interior e o outro no espaço anular, não havendo qualquer mistura entre eles.

Considerando a *compacticidade*, um permutador é considerado compacto quando a razão entre a área da superfície de transferência de calor e o seu volume é superior a $700 \text{ m}^2/\text{m}^3$.

A este tipo de permutadores estão sempre associadas superfícies alhetadas, que têm por objectivo aumentar a área da superfície de transferência de calor ^[8].

Relativamente ao tipo de construção podem encontrar-se ^[8]:

- **Permutadores tubulares**

Um exemplo deste tipo de permutadores é o permutador de invólucro e tubos, que consiste num feixe de tubos de secção circular, que está inserido no interior de um invólucro. As extremidades dos tubos são ajustadas nas chamadas placas de tubos ou espelhos, que também estabelecem a separação entre o fluido que circula no invólucro e o que percorre nos tubos. Usam-se chicanas no lado do invólucro, para dirigir o fluido em escoamento cruzado relativamente aos tubos e para apoio destes. Outro exemplo deste tipo de permutadores é o permutador de tubos concêntricos.

- **Permutador de placas**

Consiste num empilhamento de placas de metal finas com junta de vedação e com aberturas para entrada e saída dos fluidos, apertadas conjuntamente num quadro. Cada par de placas adjacentes no permutador forma um canal através do qual escoam um dos fluidos. Uma junta fina veda as placas a toda a volta das suas bordas, evitando assim a mistura dos fluidos e possíveis fugas. Os fluidos, quente e frio, escoam em passagens alternadas, e o calor é transferido do fluido quente para o frio através da placa metálica que os separa.

- **Permutador de placas alhetadas**

O elemento básico deste equipamento é formado por duas placas planas no interior das quais existe uma chapa ondulada sendo, em geral, o conjunto soldado. São usados em transferência de calor entre duas correntes gasosas, desde que a pressão de operação não seja superior a 10 atm e a temperatura não ultrapasse os 800 °C.

- **Permutador de tubos alhetados**

Podem ser constituídos por um feixe de tubos de secção transversal circular com alhetas anulares ou formados por um conjunto de tubos achatados com alhetas rectangulares.

- **Regeneradores**

Funcionam de modo diferente de todos os outros permutadores. Neste tipo de equipamento o calor é transferido do fluido quente para uma matriz sólida. Seguidamente, o fluido quente

é retirado e substituído pelo fluido frio, que é aquecido quando em contacto com a matriz sólida.

Quanto á disposição das correntes podem encontrar-se ^[8]:

- **Permutador de correntes paralelas (co-corrente)**

Ambos os fluidos entram pelo mesmo lado do permutador, como por exemplo no permutador de invólucro e tubos.

- **Permutador em contracorrente**

Os fluidos entram por lados opostos no permutador.

- **Permutador de correntes cruzadas**

Os fluidos escoam perpendicularmente um em relação ao outro.

- **Permutador com várias passagens**

Um exemplo deste tipo de permutadores é o permutador de invólucro e tubos com várias passagens nos tubos. Por exemplo, se o fluido quente entra para os tubos da parte superior do feixe, percorre o seu comprimento, inverte a sua direcção de escoamento e depois passa nos tubos da parte inferior do feixe, estamos perante um permutador do tipo 1-2, com uma passagem no invólucro e duas passagens nos tubos.

Relativamente aos mecanismos de transferência de calor que podem ocorrer em permutadores de calor, encontram-se as seguintes possibilidades ^[8]:

- Convecção forçada ou convecção natural (transferência de calor sensível);
- Ebulição e condensação (transferência de calor latente);
- Radiação ou convecção e radiação combinadas.

5.2.Tipo de Permutadores de Calor

Os principais tipos de permutadores de calor são os permutadores de tubos concêntricos, os permutadores de fluxo cruzado, os permutadores de invólucro e tubos e os permutadores de placas. Destes, os mais utilizados são:

1. Permutadores de invólucro e tubos

O permutador de calor de invólucro e tubos (figura 14) é o tipo de equipamento de transferência de calor mais usado nas indústrias químicas e associadas. Fundamentalmente, um permutador de invólucro e tubos consiste num feixe de tubos encerrados num invólucro cilíndrico. As extremidades dos tubos são ajustadas dentro de placas de tubos, que separam o fluido do lado do invólucro do fluido do lado do tubo. Montam-se chicanas no invólucro para dirigir o fluxo de fluido e para apoio dos tubos. O conjunto das chicanas e dos tubos é mantido em posição por varas de suporte e espaçadores [6].

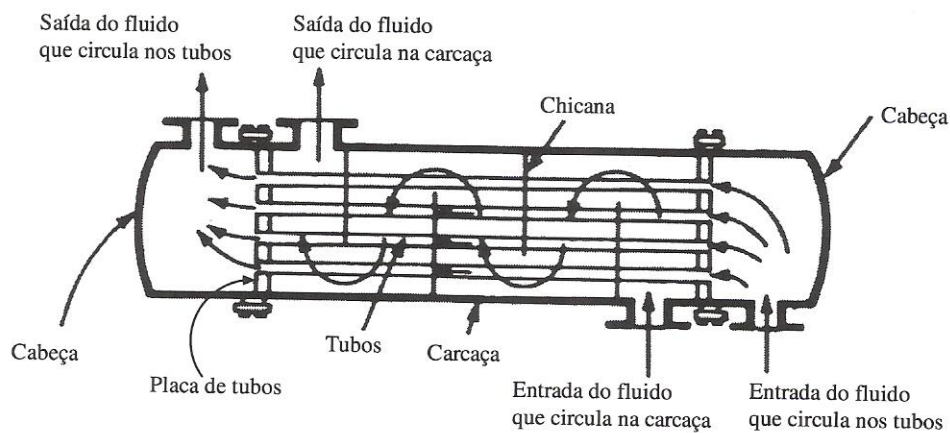


Figura 14 – Imagem de um permutador de calor de invólucro e tubos [6].

Os principais tipos de permutadores de invólucro e tubos são os de placa de tubos fixa, os de tubos em U e os de cabeça flutuante interna [6].

Os *permutadores de placa de tubos fixa* são os mais simples e mais baratos. No entanto as principais desvantagens deste tipo são a de o feixe de tubos não poder ser retirado para limpeza e não haver provisão para a diferença de dilatação entre o invólucro e os tubos, pelo que não pode trabalhar com diferença de temperatura muito elevadas, estando limitado a cerca de 80°C [6].

Os *permutadores de tubos em U* requerem apenas uma placa de tubos ligada ao invólucro, estando apenas uma das extremidades dos tubos fixa podendo o feixe dilatar livremente. No entanto, apesar de o feixe de tubos poder ser retirado para limpeza, apresenta a desvantagem de poder ocorrer sujamento no interior dos tubos, nomeadamente na curvatura, estando limitados a fluidos relativamente limpos [6].

Os *permutadores de cabeça flutuante interna* são os mais versáteis. São apropriados para diferenças de temperatura elevadas e, visto que os tubos podem ser limpos com varetas de uma extremidade à outra e que o feixe pode ser retirado do interior do invólucro, são mais fáceis de limpar e podem usar-se com líquidos que causam sujidade. Para além deste tipo de permutadores serem os mais caros, apresentam como principal desvantagem o facto de apresentarem uma maior folga entre os tubos mais exteriores do feixe e o invólucro, para acomodar a flange da cabeça flutuante, o que pode permitir a ocorrência de fuga de fluido a partir das flanges internas ^[6].

De uma forma geral, as vantagens dos permutadores de invólucro e tubos são ^[6]:

- A configuração oferece uma grande área de superfície num pequeno volume;
- Bom traçado mecânico, permitindo bom funcionamento sob pressão;
- Usa técnicas de fabricação bem estabelecidas;
- Pode ser construído numa larga gama de materiais;
- Limpeza fácil;
- Práticas de projecto bem estabelecidas.

2. Permutadores de placas

Um permutador de calor de placas é basicamente constituído por uma estrutura de suporte e um conjunto de placas muito finas (<1 mm), as quais delimitam canais por onde circulam os fluidos, normalmente em contra-corrente. Cada placa possui juntas de vedação no seu contorno exterior, cuja função é garantir a estanquicidade da unidade e evitar a mistura dos fluidos, como se pode verificar na figura 15 ^[6].

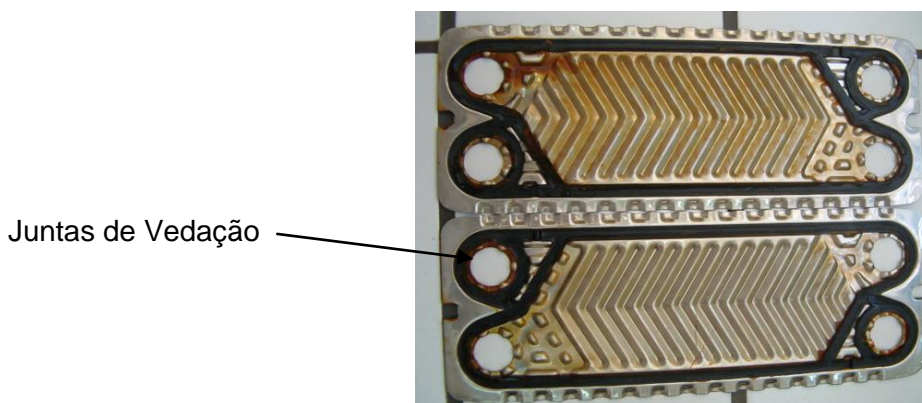


Figura 15 – Fotografia de duas placas ^[6].

Num determinado canal circula um dado fluido, o qual cede ou recebe calor do fluido que circula nos canais adjacentes. Cada fluido passa, de dois em dois canais, entre as placas, podendo a circulação dos fluidos ser em co-corrente, se os fluidos circulam no mesmo sentido (figura 16), ou em contra-corrente, se os fluidos circulam em sentidos opostos (figura 17) [6].

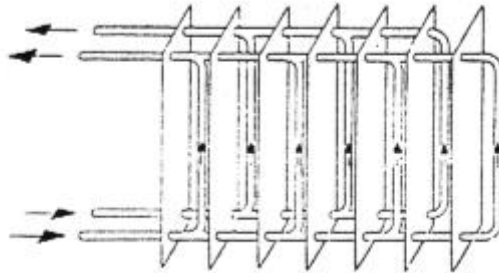


Figura 16 – Esquema da circulação dos fluidos em co-corrente [6].

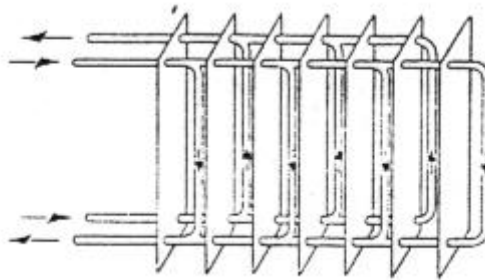


Figura 17 - Esquema da circulação dos fluidos em contra-corrente [6].

A configuração canelada das placas confere rigidez, proporciona um aumento da área de transferência de calor e imprime uma elevada turbulência aos fluidos, mesmo a baixa velocidade, resultando numa eficiente transferência de calor [6].

Dispõe-se de placas numa gama extensa de materiais, que inclui aço inoxidável, alumínio e titânio. Usam-se como materiais de juntas, borracha sintética, plásticos e materiais à base de asbestos [6].

Os permutadores de placas aplicam-se numa alargada gama de dimensões, sendo a dimensão mais existente de 4,3 m de altura e 1,1 m de largura. A área efectiva de transferência varia entre 0,01 m² e 3,6 m². Uma única unidade pode ter até 700 placas sendo a área total de transferência até 2500 m². Para garantir uma boa distribuição de escoamento na placa a razão altura/largura deve no mínimo ser de 1,8. A espessura das

placas pode variar de 0,5 a 1,2 mm e o espaço entre as placas entre 2 a 5 mm permitindo um diâmetro hidráulico de 40 a 10 mm ^[9].

Um permutador de calor de placas possui inúmeras vantagens, tanto de projecto, como de funcionamento, sobre os permutadores de calor convencionais de tubos, nomeadamente ^[6]:

- Manutenção fácil – facilidade de montagem e desmontagem, sendo aconselháveis para fluidos que provocam sujamento;
- Flexibilidade – o facto dos elementos deste permutador serem normalizados, permite a sua ampliação, redução ou até a sua reestruturação para se adaptar a diversas tarefas;
- Facilidade de limpeza química e mecânica e baixa probabilidade de formação de incrustações;
- Compactidade – ocupam áreas de chão pouco significativas;
- Baixo custo de investimento – como apresentam menor superfície que outros permutadores devido ao elevado coeficiente de transferência de calor (4000 - 6000 Kcal/(h.m².°C)), permite que o seu preço seja competitivo;
- Facilidade de identificação de fugas – o líquido verte para o exterior do permutador, em vez de se misturar com o outro líquido;
- Recuperação de calor elevada – a configuração e o arranjo das placas originam elevada turbulência na circulação dos fluidos e conseqüentemente elevada eficiência de transferência de calor, podendo o diferencial mínimo entre as temperaturas de ambos os fluidos ser de 1°C, ou seja, o facto de apresentarem coeficientes de transferência de calor relativamente elevados permite-lhes operar com diferenças de temperatura relativamente baixas;
- Permitem a adição e a remoção de placas térmicas no caso de se pretender alterar os parâmetros do projecto.

Relativamente às desvantagens deste tipo de permutadores, podem citar-se as seguintes ^[6]:

- Impossibilidade de funcionar a temperaturas elevadas (>175°C) devido à degradação térmica das juntas de vedação;
- Impossibilidade de funcionar a pressões elevadas (>20 bar) devido à resistência mecânica limitada das placas e à degradação mecânica das juntas de vedação;
- Distribuição deficiente de fluidos entre as placas, para velocidades baixas (<0.1 m/s);

- Perdas de carga elevadas e probabilidade de ocorrência de fugas na circulação de gases através das vedações;
- Pouca versatilidade na escolha dos materiais de construção.

Após análise das vantagens e desvantagens dos dois tipos de permutadores mais utilizados, a escolha do permutador de placas, para a recuperação do calor dos efluentes da tinturaria da ENDUTEX, mostrou-se a mais acertada.

5.3. Dimensionamento do Permutador de Placas

Normalmente o arranjo do escoamento num permutador de placas é sempre em paralelo, ou seja o caudal que circula entre as placas é o caudal total dividido por $[(np+1)/2]$.

O projecto de um permutador é necessariamente um trabalho por tentativas. Apresentam-se a seguir as etapas numa prática de projecto típica ^[6]:

1. Definir caudal de transferência de calor, caudais dos fluidos, temperaturas.
2. Reunir o conjunto das necessárias propriedades físicas do fluido (massa específica, viscosidade, condutividade térmica, capacidade calorífica).
3. Decidir sobre o tipo de permutador a usar.
4. Escolher um valor tentativa para o coeficiente global, U.
5. Calcular a diferença média logaritmica de temperatura, ΔT_{lm} .
6. Calcular a área necessária através da equação $Q' = UA' \Delta T_{lm}$.
7. Decidir quanto ao traçado do permutador.
8. Calcular os coeficientes individuais.
9. Calcular o coeficiente global e comparar com o valor tentativa.
10. Calcular a queda de pressão no permutador; se não for satisfatório voltar às etapas 7 ou 4 ou 3, nessa ordem de preferência.
11. Optimizar o projecto, repetindo as etapas 4 a 10, conforme for necessário, para determinar o permutador mais barato que desempenhará a tarefa. Usualmente será aquele que tiver menor área.

Este projecto envolve o cálculo da área de transferência de calor necessária para o aquecimento ou o arrefecimento pretendido, bem como o cálculo da queda de pressão para cada fluido em circulação ^[8].

Para se determinar a área da superfície de transferência de calor é necessário recorrer a uma equação projecto que envolve o conhecimento prévio do coeficiente global de transferência de calor. Este coeficiente pode ser estimado à custa de correlações empíricas adequadas que permitam determinar os coeficientes peliculares de transferência de calor para cada um dos fluidos ^[8].

Para a determinação da queda de pressão, parâmetro importante no projecto em causa já que envolve custos de bombagem, recorre-se também a equações empíricas adequadas a cada caso concreto ^[8].

O caudal térmico que passa do fluido quente para o fluido frio é calculado pela equação projecto ^[6]:

$$Q' = UA' \Delta T_m \quad (5.1)$$

Para os casos em que os permutadores apresentam arranjo das correntes em série ou em paralelo com uma passagem para cada um dos fluidos e com um número de placas de transferência de calor superior a 50, pode considerar-se que $\Delta T_m = \Delta T_{lm}$. Nestes casos, o factor de correcção de temperatura, F, é igual a 1.

A área da superfície de transferência de calor refere-se à área total projectada, A' ^[6]:

$$A' = np \times a = np \times L \times W \quad (5.2)$$

Neste projecto as dimensões de W e L correspondem a 0,358 m e 0,932 m respectivamente.

Uma parte essencial, e frequentemente a mais incerta, da análise de qualquer permutador de calor é a determinação do coeficiente global de transferência de calor. Esse coeficiente é definido em função da resistência térmica total para a transferência de calor entre dois fluidos ^[6].

Ao longo da operação normal de permuta de calor, as superfícies estão sujeitas frequentemente à deposição de impurezas dos fluidos, à formação de ferrugem, ou a outras reacções entre o fluido e o material que compõe a parede. A decomposição subsequente de uma película ou de incrustações sobre a superfície pode aumentar significativamente a resistência à transferência de calor entre os fluidos. Este efeito é levado em conta através da introdução de uma resistência térmica adicional, designada por factor de incrustação, R_s.

O seu valor depende da temperatura de operação, da velocidade do fluido e do tempo de serviço do permutador de calor. No entanto para se estimar o valor da resistência de sujamento a informação acessível é muito reduzida ^[6].

O coeficiente global de transferência de calor para um permutador de placas pode então, ser calculado pela seguinte equação ^[6]:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_e} + \frac{\Delta x}{K} + \frac{1}{h_a} + R_s \quad (5.3)$$

A partir da equação (5.1) determina-se o coeficiente global de transferência de calor experimental e da equação (5.3) obtém-se o valor teórico. O coeficiente global de transferência de calor vai variar com o caudal, com a temperatura e com a área de transferência do permutador (número de placas).

Os coeficientes peliculares de transferência de calor são dependentes da velocidade do fluido, das suas propriedades físicas e da geometria específica da placa. Valores aproximados para o coeficiente pelicular de transferência de calor para o fluido que circula num permutador de placas, h_p , podem ser obtidos para regime turbulento através da equação ^[6]:

$$Nu = \frac{h_p d_{eq}}{k_f} = 0.26 Re^{0.65} Pr^{0.4} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} \quad (5.4)$$

$$d_{eq} = 2b \quad (5.5)$$

Neste projecto o valor de b é de 0,0027 m.

O número de Reynold's, Re é calculado por ^[7]:

$$Re = \frac{\rho \times v \times d_{eq}}{\mu} \quad (5.6)$$

Para se obter uma estimativa da perda de carga que o fluido sofre ao percorrer a placa, usa-se a seguinte equação ^[7]:

$$\Delta p = 8j_f \left(\frac{L}{d_{.eq}}\right) \frac{\rho v^2}{2} \quad (5.7)$$

$$j_f = 1,25 \text{Re}^{-0,3} \quad (5.8)$$

É de referir que nos permutadores de placas a transição de regime laminar para turbulento ocorre, geralmente para $100 < \text{Re} < 400$ [11].

A eficiência de um dado permutador é quantificada através da relação entre a quantidade de calor que é trocada por unidade de tempo no permutador real, e aquela que seria trocada num permutador infinito [6].

5.4. Resultados do Dimensionamento do Permutador de Placas

No dimensionamento do permutador de placas a implementar na empresa consideraram-se os dados fornecidos pelo estudo da IBERDROLA, apresentados na tabela 6 [5].

É de referir que todos os valores resultantes de cálculos, apresentados nas tabelas deste capítulo, podem ser consultados em anexo (capítulo 2).

Tabela 6 - Dados fornecidos pelo relatório da auditoria energética realizada à ENDUTEX pela empresa IBERDROLA, Assessoria Energética [5].

	Unidades	Efluentes total	Efluentes >45°C	Efluentes >50°C	Efluentes >55°C	Efluentes >60°C	Água Nova
Temperatura	°C	50	57	60	62	65	14
Caudal	m ³ /h	51	35	28	20	13	17
Calor Transferido	kW	496	595	633	665	531	
Tsaída Água Nova	°C	39	44	46	48	41	
Tsaída Efluentes	°C	42	47	49	51	56	

A medida que a IBERDROLA propôs seria a aplicação de um sistema de recuperação de calor dos efluentes com temperatura superior a 55 °C que são actualmente encaminhados para a ETAR, cujo aproveitamento resultaria no aquecimento da água de rede de 14 para 48°C. A temperatura final da água no Tanque 1 seria de 55 °C, obtendo-se uma poupança anual de 96705 euros em gás natural (ver tabela 7).

Tabela 7 - Características importantes no dimensionamento do permutador de placas, para diferentes hipóteses.

	Parâmetros	I1	I2	I3	E1	E2	E3
Fluído frio	Qa (m ³ /h)	17	17	17	40	40	40
	Tea (°C)	14	14	14	14	14	14
	Tsa (°C)	48	45	40	31,6	29,8	26,0
Fluído quente	Qe (m ³ /h)	20	20	20	15	15	15
	Tee (°C)	62	62	62	62	62	62
	Tse (°C)	33,1	35,7	39,9	15	20	30
Resultado	np	167	119	73	509	185	75
	Ttanque (°C)	55	53	51	40	39	36
	Poupança anual (euros)	96705	86474	69423	2221	-12824	-42915

Partindo desta hipótese inicial, variou-se a temperatura de saída da água (T_{sa}) para se verificar que influência tinha no resultado final (I2 e I3). Verificou-se que se diminuíssemos o grau de aquecimento da água, a temperatura de saída dos efluentes (T_{se}) seria mais elevada sendo o número de placas menor assim como a poupança anual em gás natural. Sendo assim, a primeira hipótese mostrou-se a mais vantajosa porque, apesar de apresentar um maior número de placas, o investimento seria recompensado anualmente com a poupança em gás natural.

Relativamente à proposta da ENDUTEX (aquecer uma maior quantidade de água e armazená-la no tanque de recepção) como hipótese inicial (E1), definiu-se que a temperatura de saída dos efluentes (T_{se}) seria a mais baixa aceitável no tratamento biológico, ou seja 15°C. Verificou-se que com esta hipótese o aquecimento da água seria pouco significativo uma vez que manteria a temperatura do tanque 1 em 40°C, proporcionando uma baixa poupança anual de gás natural. As seguintes hipóteses (E2 e E3) traduzem um aumento da temperatura de saída dos efluentes (T_{se}) até ao máximo aceitável no tratamento biológico (30°C). Verificou-se um menor aumento de temperatura da água o

que proporcionou um abaixamento da temperatura do tanque 1 e conseqüentemente, em vez de se conseguir poupar anualmente em gás natural seria preciso um maior investimento neste combustível para se conseguir manter o tanque 1 a 40°C. Estes resultados demonstram que não é rentável a implementação de um permutador de placas nestas condições.

Pela tabela 7, conclui-se que quanto maior for a temperatura de saída dos efluentes (T_{se}) menor é a temperatura de saída da água (T_{sa}), menor a área de transferência de calor (A), menor a temperatura final do tanque 1 (T_{tanque}) e conseqüentemente menor a poupança anual em gás natural.

Na tabela 8 serão apresentados os resultados do dimensionamento do permutador de placas.

Tabela 8 - Resultados do dimensionamento do permutador de placas.

	Parâmetros	I1	I2	I3	E1	E2	E3
Fluído frio	Qa (m3/h)	17	17	17	40	40	40
	Tea (°C)	14	14	14	14	14	14
	Tsa (°C)	48	45	40	31,6	29,8	26,0
Fluído quente	Qe (m3/h)	20	20	20	15	15	15
	Tee (°C)	62	62	62	62	62	62
	Tse (°C)	33,1	35,7	39,9	15	20	30
Resultado Considerando Factor de Sujamento	Q' (J/s)	659273,2	601102,1	504150,1	804130,8	718585	547493,3
	np	167	119	73	509	185	75
	h _a (W/m ² °C)	3436,0	4276,0	5854,7	2911,6	5608,8	10035,1
	h _e (W/m ² °C)	3818,8	4752,4	6507,0	1539,0	2964,8	5304,5
	U (W/m ² °C)	726,9	789,3	871,7	550,7	747,2	900,2
	A' (m ²)	55,7	39,7	24,4	169,8	61,7	25,0
	ΔP _a (Pa)	390	690	1570	253	1403	6427
	ΔP _e (Pa)	514	910	2070	48	265	1213
ΔP _t (Pa)	903	1600	3640	300	1668	7640	

Resultado Desprezando Factor de Sujamento	Q' (J/s)	659273,2	601102,1	504150,1	804130,8	718585	547493,3
	np	71	45	23	285	75	21
	U (W/m ² °C)	1737,3	2141,3	2880,1	984,3	1857,7	3216,5
	A' (m ²)	23,7	15,0	7,7	95,1	25,0	7,0
	ΔP_a (Pa)	2121	4698	14927	803	8406	76695
	ΔP_e (Pa)	2796	6192	19677	152	1587	14475
	ΔP_t (Pa)	4917	10890	34604	955	9993	91170

Como resultado do dimensionamento, considerando o factor de sujamento, obteve-se um permutador de placas com 167 placas em que o coeficiente global de transferência de calor (U) é de 726,9 W/m²°C, a área projectada de 55,7 m² e a queda de pressão de 0,903 KPa.

Desprezando o factor de sujamento, obteve-se um permutador de placas com 71 placas em que o coeficiente global de transferência de calor (U) é de 1737,3 W/m²°C, a área projectada de 23,7 m² e a queda de pressão de 4,917 KPa.

Foi consultada a empresa ARSOPI-THERMAL para verificação das características dos permutadores existentes no mercado. No entanto, para as mesmas condições foi sugerido um permutador com 31 placas em que o coeficiente global de transferência de calor (U) é de 6267 W/m²°C, a área projectada de 7,39 m² e a queda de pressão de 76 KPa.

A diferença verificada nos resultados apresentados pode ter origem na utilização de diferentes expressões no cálculo do coeficiente pelicular de transferência de calor (h). Os coeficientes peliculares de transferência de calor são dependentes da velocidade do fluido, das suas propriedades físicas e da geometria específica da placa. É de se referir que existem diferentes geometrias de placas das quais as mais usadas são as “intermatting” e as “chevron”. No entanto, a informação específica para uma dada geometria de placa é obtida experimentalmente e é, em geral propriedade dos fabricantes.

Seria mais real considerar o factor de sujamento no dimensionamento do permutador, uma vez que se trata de efluentes de uma tinturaria. No entanto, e como todos os cálculos são efectuados usando apenas as propriedades da água, retirou-se o factor de sujamento uma vez que se considera excessivamente elevado quando comparado com 1/h_a e 1/h_e.

O facto de não se considerar o factor sujamento permite avaliar o impacto que esta resistência tem no projecto do permutador.

O valor obtido para o coeficiente global de transferência de calor (U) foi de $1737,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, o que conduziu a um número de placas de 71. No entanto, esta diminuição do número de placas vem afectar os coeficientes convectivos (h_a e h_e), já que o escoamento se processa em paralelo. Recalculou-se os novos valores para os respectivos coeficientes usando as correlações já apresentadas tendo-se obtido $h_a = 5959,9 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ e $h_e = 6623,9 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. e um novo $U = 2928,4 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Com este novo valor de U o número de placas é de 41.

Embora seja válido atribuir aos fluidos as propriedades semelhantes à da água o facto de serem fluidos provenientes de uma tinturaria conduzirão, por certo, a algum tipo de sujamento pelo que será mais viável considerar um aumento de 30% no np sugerido pela ARSOPI. Sendo assim, as 31 placas sugeridas (ver anexo 9.3) com um aumento de 30% passarão a ser 40.

Desprezando-se o factor de sujamento consegue-se convergir o np deste projecto para um valor mais próximo do np sugerido pela ARSOPI.

Através dos resultados obtidos verifica-se que a diminuição do número de placas implica um aumento da queda de pressão, o que seria de esperar uma vez que a velocidade do fluido entre placas é maior.

Conclui-se que apesar do dimensionamento ter sido baseado em equações gerais das quais resultaram valores aproximados, e do dimensionamento realizado pela empresa ARSOPI-THERMAL ter sido baseado em correlações específicas para o tipo de placas usadas, a diferença obtida no número de placas em ambos os dimensionamentos foi resultado da influência do factor de sujamento nos cálculos.

Após dimensionamento e consulta de mercado conclui-se que o permutador a implementar será um Permutador de Calor de Placas ARSOPI, modelo FHR10-HJ-31, com estrutura decapada e pintada, placas em aço inoxidável AISI 316L de 0,5mm de espessura, juntas em NBR-SI, entradas/ saídas revestidas em AISI 316, com pernos preparados para receber flanges DIN DN 100 PN 10 e calculado segundo folha de cálculo e desenho apresentados em anexo (capítulo 3)

Para efeito de estudo económico será considerado o preço estipulado pela empresa Arsopi para o permutador com as 31 placas.

6. Estudo Económico

Este capítulo propõe-se a avaliar a viabilidade económica do projecto.

Admitiu-se que o investimento é financiado apenas por capitais próprios não existindo quaisquer tipo de capitais alheios ou subsídios a fundo perdido.

Será realizado um investimento em equipamento técnico, nomeadamente, num permutador de placas, num filtro rotativo e numa bomba.

Segundo a empresa ARSOPI – THERMAL, o permutador de calor de placas modelo FHR10-HJ-31, apresenta um preço de 2400 €.

Segundo a empresa SSL, para um caudal de 20 m³/h com 5 g/L de sólidos em suspensão e para não ter entupimentos e aumentos de fouling no permutador de calor será necessário instalar um filtro IDRASCREEN modelo ECO 6206/50 com um preço na origem de 5970 € (ver anexo, capítulo 4).

Segundo a empresa SIB, para um caudal de 20 m³/h a uma altura manométrica de 15 m.c.l (metros de coluna de liquido), será necessária uma bomba SHOS 40/125/22 com ASP. DN65/ COMP. DN40 de impulsor aberto do grupo monobloco, em material aço inoxidável AISI 316, com preço de 1270 €.

O investimento total será então de 9640 €.

A tabela 9 corresponde ao mapa de amortizações para os 5 anos do projecto, as quais respeitam a um investimento correspondente a bens corpóreos.

Tabela 9 – Mapa de amortizações do investimento.

Ano	Amortização (€)	V.contabilístico (€)
1	1928	7712
2	1928	5784
3	1928	3856
4	1928	1928
5	1928	0

Valor contabilístico $(_0) = 9640 \text{ €}$

Amortizações do investimento: Duração de 5 anos

Amortização efectuada no final de cada ano = $9640/5$

Amortização = 1928 €

Valor contabilístico $(_1) = 9640 - 1928 = 7712 \text{ €}$

Valor contabilístico $(_2) = 7712 - 1928 = 5784 \text{ €}$

Valor contabilístico $(_5) = 1928 - 1928 = 0 \text{ €}$

A tabela 10 corresponde ao mapa dos Cash Flows para o período do projecto, 5 anos, a preços correntes.

Tabela 10 – Mapa dos Cash Flows para o período do projecto, 5 anos, a preços correntes.

		Anos de exploração				
		1	2	3	4	5
Inflação		0,00%	102,50%	105,06%	107,69%	110,38%
Lucro		96.750	96.750	96.750	96.750	96.750
Lucro a Preços Correntes		96.750	99.169	101.648	104.189	106.794
Custos Totais		1.401	1.401	1.401	1.401	1.401
Custos Totais a Preços Correntes		1.401	1.436	1.471	1.508	1.546
Amortizações		1.928	1.928	1.928	1.928	1.928
Encargos Financeiros		0	0	0	0	0
RAI		93.421	95.805	98.248	100.753	103.320
Impostos s/Lucros (25%)		23.355	23.951	24.562	25.188	25.830
Resultado Líquido		70.066	71.854	73.686	75.565	77.490
Amortizações		1.928	1.928	1.928	1.928	1.928
Encargos Financeiros		0	0	0	0	0
Cash-Flow Exploração		71.994	73.782	75.614	77.493	79.418
Investimentos						
Activo Fixo		-9.640				
Necessidades fundo maneo		0	0	0	0	0
Fundo maneo(recuperado)						
Cash-Flow Investimento		-9.640	0	0	0	0
Cash-Flow Líquido		62.354	73.782	75.614	77.493	79.418
Custo de oportunidade de capital	20,00%					
Cash-Flow Actualizado		62.354	61.485	52.510	44.845	38.300
	V.A.L.	259.494				
Pay Back Period						
		1	2	3	4	5
Cash flow exploração		71.994	73.782	75.614	77.493	79.418
Investimento		9.640	0	0	0	0
Factor de actualização		1,00	0,83	0,69	0,58	0,48
VA(cash flow exploração)		71.994	61.485	52.510	44.845	38.300
		269.134				
VA(investimento)		9.640	0	0	0	0
		9.640				
Período de vida útil	5					
Pay Back Period		0,2				
Indice de rentabilidade						
VA(cash flow exploração)		269.134				
VA(investimento)		9.640				
Indice de rentabilidade		27,92				

- RAI e Resultado Líquido

Obteu-se o valor do RAI (resultado antes imposto) para cada ano do projecto e o respectivo resultado líquido.

$$\text{RAI} = \text{Facturação anual (Preços Correntes)} - [\text{Custos totais (Preços Correntes)} + \text{Amortizações}]$$

$$\text{Resultado líquido} = \text{RAI} - \text{Imposto sem lucros (25\%)}$$

- Cash-Flow de exploração e o Cash-Flow Investimento

O cash-Flow de exploração de um projecto é a diferença entre as receitas e as despesas correntes do projecto, durante os 5 anos, não sendo deduzidas as amortizações nem os encargos financeiros do financiamento.

No Ano1 temos um Investimento em activo fixo de 9640,00€.

Não foram consideradas necessidades de fundo de maneo uma vez que a implementação deste projecto não implica adiantamento de recursos para pagamento a terceiros.

Da soma do Cash-Flow de exploração e do Cash-Flow Investimento obtém-se o Cash-Flow líquido para cada um dos 5 anos do projecto. Para o 1ºano do projecto o Cash-Flow líquido corresponde a:

$$\text{Cash-Flow líquido}_{(1)} = 71994 + (-9640) = 62354 \text{ €}$$

- Custo de oportunidade de capital

Admitiu-se que o custo de oportunidade do capital é de 20%, pois o risco do investimento é relativamente elevado uma vez que o investimento é todo realizado com capitais próprios.

$$\text{Então o COC} = 100\% * 20\% = 20\%$$

- Cálculo do VAL

Cash-Flow líquido actualizado: (Actualização de todos os valores para ano1)

$$\text{Ano 1} = 62354 * (1 + 20,00\%)^0 = 62354 \text{ €}$$

$$\text{Ano 5} = 79418 * (1 + 20,00\%)^{-19} = 38300 \text{ €}$$

Valor actual líquido = \sum (Cash-Flow líquido actualizado) = 259494 €

As actualizações tanto do investimento como do cash-Flow exploração foram efectuadas para o Ano 1, bastando para isso calcular o factor de actualização.

Factor de actualização $= (1+20,00\%)^{-n}$

Sendo n os anos da respectiva actualização, por exemplo, no 2ºano o factor de actualização corresponde a:

Factor de actualização $= (1+20,00\%)^{-1} = 0,83$

- Pay Back Period e Índice de Rentabilidade

Índice de rentabilidade = $VA(\text{cash-flow exploração})/VA(\text{investimento}) = 269134 / 9640 = 27,92$

Pay Back Period = Período de vida útil / Índice de rentabilidade = $5/27,92 = 0,2$ anos

Como análise deste capítulo é de referir que para o arranque do projecto foi feito o levantamento das necessidades de investimento, situando-se este num valor total de 9640 € sem considerar fundo de maneo, sendo o investimento financiado apenas por capitais próprios.

Relativamente às amortizações efectuadas para as diferentes componentes do investimento, verificou-se que durante os cinco anos do projecto teríamos uma amortização constante anual de 1928 €, encontrando-se o valor contabilístico no final do 5ºano em 0 €.

Através da elaboração do mapa de Cash-Flow e posteriormente do cálculo do VAL, podemos concluir que o projecto é economicamente/financeiramente viável. O VAL corresponde à diferença dos valores actualizados, para um momento comum, de todas as despesas e receitas inerentes a determinado projecto, assim sendo e como o VAL se situa nos 259494 € ($VAL > 0$), ou seja, o investimento gerou um excedente para o investidor, ocorrendo remuneração dos capitais investidos.

O prazo de recuperação (Pay Back Period) é o tempo necessário para que o investidor efectue o reembolso do capital investido que neste projecto é de cerca de 2 meses, isto é ao fim de aproximadamente 2 meses o investidor recupera o investimento efectuado.

7. Conclusões e Sugestões para futuros trabalhos

Como numa tinturaria têxtil não existe uma produção constante e regular, com as mesmas quantidades de malha a serem sujeitas aos mesmos tingimentos, realizaram-se análises ao efluente, no qual predominou o tratamento de poliéster (consulta do histórico da produção da empresa para as datas da amostragem). Apesar do resultado da amostragem do efluente estar dependente do caudal e da variabilidade das características do efluente, os resultados das análises efectuadas aos diferentes parâmetros (cor, turvação, temperatura, pH, alcalinidade total, dureza total, azoto Kjeldahl, fósforo reactivo, metais (ferro, cálcio, crómio), sólidos totais, sólidos dissolvidos, sólidos suspensos e carência química de oxigénio) demonstraram que não existe preocupação de ocorrência de incrustações. Esta preocupação era pertinente, uma vez que as incrustações nos permutadores de calor provocam redução na transferência de calor, aumento da temperatura da superfície das placas por sobreaquecimento e eventuais rupturas da estrutura.

Depois de efectuado o dimensionamento do permutador de placas para diferentes caudais e temperaturas dos fluidos, frio (água do rio) e quente (efluentes), verificou-se que as condições mais rentáveis correspondiam a um caudal de fluido frio de $17 \text{ m}^3/\text{h}$ em que a temperatura de entrada e de saída no permutador seria de $14 \text{ }^\circ\text{C}$ e 48°C , respectivamente. O caudal de fluido quente seria de $20 \text{ m}^3/\text{h}$, sendo a temperatura de entrada e de saída no permutador de $62 \text{ }^\circ\text{C}$ e $33,1 \text{ }^\circ\text{C}$, respectivamente.

Como resultado do dimensionamento, considerando o factor de sujamento, obteve-se um permutador de placas com 167 placas em que o coeficiente global de transferência de calor (U) é de $726,9 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$, a área projectada de $55,7 \text{ m}^2$ e a queda de pressão de $0,903 \text{ KPa}$.

Desprezando o factor de sujamento, obteve-se um permutador de placas com 71 placas em que o coeficiente global de transferência de calor (U) é de $1737,3 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$, a área projectada de $23,7 \text{ m}^2$ e a queda de pressão de $4,917 \text{ KPa}$.

Foi consultada a empresa ARSOPI-THERMAL para verificação das características dos permutadores existentes no mercado. No entanto, para as mesmas condições foi sugerido um permutador com 31 placas em que o coeficiente global de transferência de calor (U) é de $6267 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$, a área projectada de $7,39 \text{ m}^2$ e a queda de pressão de 76 KPa .

Conclui-se que apesar do dimensionamento ter sido baseado em equações gerais das quais resultaram valores aproximados, e do dimensionamento realizado pela empresa ARSOPI-THERMAL ter sido baseado em correlações específicas para o tipo de placas usadas, a diferença obtida no número de placas em ambos os dimensionamentos foi resultado da influência do factor de sujamento nos cálculos.

Desprezando-se o factor de sujamento consegue-se convergir o np deste projecto para um valor mais próximo do np sugerido pela ARSOPI.

Na análise económica do projecto é de referir que para o arranque do projecto foi feito o levantamento das necessidades de investimento, situando-se este num valor total de 9640€, sendo o investimento financiado apenas por capitais próprios. O prazo de recuperação do investimento (Pay Back Period) é de cerca de 2 meses.

Como sugestões para trabalhos futuros, propõe-se o estudo de métodos de descontaminação dos efluentes da tinturaria têxtil de forma a obedecer aos limites de tolerância e às restrições impostas para poder ser reaproveitado novamente no processo. Realizar o estudo da optimização da rede destes efluentes líquidos através da metodologia water-pinch.

8. Referências Bibliográficas

- [1] Júnior, RB, Cantelli, DL. Tratamento de Efluentes Líquidos de uma Indústria Têxtil e seu Reuso. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. <http://www.cepis.org.pe/bvsaidis/aresidua/i-098.pdf>. (23/02/09)
- [2] Freitas, KR. Caracterização e Reuso de Efluentes do Processo de Beneficiamento da Indústria Têxtil. Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina. <http://www2.eng.ufsc.br/teses/m088.pdf>. (27/03/09)
- [3] www.wikipedia.org (15/05/09)
- [4] <http://www.latecma.com> (15/05/09)
- [5] Águas, M, Pinto, C, Lages, P, Afonso, R, Pacheco, R. Auditoria Energética, ENDUTEX, Tinturaria e Acabamento de Malhas, S.A. Relatório da IBERDROLA, Assessoria Energética.
- [6] Coulson, JM, Richardson, JF. Tecnologia Química – Volume VI – 3.^a ed. Fundação Calouste Gulbenkian.
- [7] Ribeiro, A. Formulário de Fenómenos de Transporte II (ano lectivo 2002/2003). Departamento de Engenharia Química ISEP/IPP.
- [8] Neto, MP, Ribeiro, A. Sebenta de Transferência de Calor (ano lectivo 2008/2009). Departamento de Engenharia Química ISEP/IPP.
- [9] Azevedo, JLT. Apontamentos de Permutador de Calor - Equipamentos Térmicos 2005. <https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/.../1/Permutadores2B.pdf>. (23/07/09)
- [10] MQÁgua. <https://dspace.ist.utl.pt/.../MQAqua%2014%20a%20MQA%20028.pdf>. (13/10/09)
- [11] “Transport Processes and Unit Operations 4^a edição”, Christie J. Geankoplis, Prentice-Hall Inc., New Jersey, 2003.

9. Anexos

9.1 Relatórios de Análises ao Efluente



Relatório de Análise

Identificação do Cliente Data: **14 / 01 / 2009**

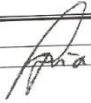
Nome: **Endutex - Tinturaria**

Morada: **Caldas de Vizela**

Parâmetros	Tanque de Recepção	Referências da(s) Amostra(s)			VMA ⁽¹⁾	VMA ⁽²⁾	VLE ⁽³⁾
		Tanque biológico	Efluente Tratado				
pH	9,64	9,02	9,04	5,5-9,0		6,0-9,0 ⁽⁴⁾	
Temperatura	32,9	31,8		100	500	40	
CBO5 (20)	180	90	55	250	1.000	150	
CQO	636	247	175		3.000		
O2 Dissolvido	0,61	5,37	8.000				
Condutividade	6.500	8.000	6.155				
TDS	4.910	6.155	14	(7)	1.000	60	
SST						(6)	
Cor							
Turvação					1,0	1,0	
Cloro Residual Total						15	
Óleos e Gorduras						10	
Fósforo Total	7,09	7,73	7,98		100	10	
Azoto Amoniacal					2,0	2,0	
Niquel Total						15	
Azoto Total	6,78	5,82	2,51			50	
Nitratos						2.000	
Nitritos					50	2,0	
Detergentes							
Aspecto	Muito Turva e Corada	Muito Turva e Corada	Levemente Turva e Corada				

(1) - Valor Máximo Admissível pela Portaria nº 423/97. (2) - Valor Máximo Admissível segundo as normas da SIDVA. (3) - Valor Limite de Emissão segundo o Decreto Lei nº 236/98. (4) - O valor médio diário poderá, no máximo, estar compreendido no intervalo de 5,0 - 10,0. (6) - Não visível na diluição de 1:20. (7) - Não visível na diluição de 1:40.

Obs.:

 Responsável pelo Laboratório: Dr. José Augusto

Relatório de Análise

Identificação do Cliente

Nome: Endutex - Tinturaria	Data: 20 / 01 / 2009
Morada: Caldas de Vizela	

Parâmetros		Referências da(s) Amostra(s)				VMA ⁽¹⁾	VMA ⁽²⁾	VLE ⁽³⁾
		Tanque de Recepção	Tanque biológico	Efluente Tratado				
pH	S5Ransen	9,88	7,80	7,58		5,5-9,0		6,0-9,0 ⁽⁴⁾
Temperatura	°C	36,4	30,3					(5)
CBOS (20)	mg/L O ₂	165	16	15		100	500	40
CQO	mg/L O ₂	645	129	114		250	1.000	150
O ₂ Dissolvido	mg/L O ₂	0,97	6,67				3.000	
Condutividade	µS/Cm	7000	5000	5500				
TDS	mg/L	5300	4070	4070				
SST	mg/L			10			1.000	60
Cor	Hazen					(7)		(6)
Turvação	NTU							
Cloro Residual Total	mg/L Cl ₂						1,0	1,0
Óleos e Gorduras	mg/L							15
Fósforo Total	mg/L P		5,08	4,63				10
Azoto Amoniacal	mg/L NH ₄						100	10
Níquel Total	mg/L Ni						2,0	2,0
Azoto Total	mg/L N		2,37	4,07				15
Nitratos	mg/L NO ₃							50
Nitritos	mg/L NO ₂							2.000
Detergentes	mg/L						50	2,0
PR	mv	+ 68	+ 24	+ 86				
Aspecto		Muito Turva e Corada	Muito Turva e Corada	Limpida e Levemente Corada				

(1) - Valor Máximo Admissível pelo Portaria nº 425/97 ; (2) - Valor Máximo Admissível segundo as normas do SIDVA ; (3) - Valor Limite de Emissão segundo o Decreto Lei nº 236/98 ; (4) - O valor médio diário poderá, no máximo, estar compreendido no intervalo de 5,0 - 10,0 ; (6) - Não visível na diluição de 1 : 20 ; (7) - Não visível na diluição de 1 : 40

Obs.:

 Responsável pelo Laboratório: Dr. José Augusto

Relatório de Análise

Identificação do Cliente

Nome: Endutex - Tinturaria	Data: 13 / 02 / 2009
Morada: Caldas de Vizela	

Parâmetros		Referências da(s) Amostra(s)				VMA ⁽¹⁾	VMA ⁽²⁾	VLE ⁽³⁾
		Tanque de Recepção	Tanque biológico	Efluente Tratado				
pH	SøRansen	8,54	7,52	7,62			6,0-9,0 ⁽⁴⁾	
Temperatura	°C	40,8	36,4				(5)	
CBO5 (20)	mg/L O ₂	327	18	16	100	500	40	
CQO	mg/L O ₂	752	162	142	250	1.000	150	
O2 Dissolvido	mg/L O ₂	0,81	2,72					
Condutividade	µS/Cm	7.500	8.000	8.000		3.000		
TDS	mg/L	5.780	6.155	6.155				
SST	mg/L			16		1.000	60	
Cor	Hazen				(7)		(6)	
Turvação	NTU							
Cloro Residual Total	mg/L Cl ₂					1,0	1,0	
Óleos e Gorduras	mg/L						15	
Fósforo Total	mg/L P						10	
Azoto Amoniacal	mg/L NH ₄					100	10	
Niquel Total	mg/L Ni					2,0	2,0	
Azoto Total	mg/L N						15	
Nitratos	mg/L NO ₃						50	
Nitritos	mg/L NO ₂						2.000	
Detergentes	mg/L					50	2,0	
Aspecto		Muito Turva e Corada	Muito Turva e Corada	Límpida e Levemente Corada				

(1) - Valor Máximo Admissível pelo Portaria nº 423/97; (2) - Valor Máximo Admissível segundo as normas do SIDA; (3) - Valor Limite de Emissão segundo o Decreto Lei nº 236/98; (4) - O valor médio diário poderá, no máximo, estar compreendido no intervalo de 5,0 - 10,0; (6) - Não visível na diluição de 1 : 20; (7) - Não visível na diluição de 1 : 40

Obs.:

Responsável pelo Laboratório: Dr. José Augusto

Relatório de Análise

Identificação do Cliente

Data: 19 / 03 / 2009

Nome: Endutex - Tinturaria

Morada: Caldas de Vizela

Parâmetros		Referências da(s) Amostra(s)			VMA ⁽¹⁾	VMA ⁽²⁾	VLE ⁽³⁾
		Tanque de Recepção	Tanque biológico	Efluente Tratado			
pH	SøRansen	9,62	7,66	7,72	5,5-9,0		6,0-9,0 ⁽⁴⁾ (5)
Temperatura	°C	40,8	36,4		100	500	40
CBO5 (20)	mg/L O ₂	293	16	14	250	1.000	150
CQO	mg/L O ₂	656	143	138			
O2 Dissolvido	mg/L O ₂	0,65	3,72			3.000	
Condutividade	µS/Cm	8.000	7.000	7.000			
TDS	mg/L	6.155	5.300	5.300		1.000	60
SST	mg/L			10	(7)		(6)
Cor	Hazen						
Turvação	NTU					1,0	1,0
Cloro Residual Total	mg/L Cl ₂						15
Óleos e Gorduras	mg/L						10
Fósforo Total	mg/L P		5,71	4,40		100	10
Azoto Amoniacal	mg/L NH ₄					2,0	2,0
Niquel Total	mg/L Ni						15
Azoto Total	mg/L N		6,94	6,56			50
Nitratos	mg/L NO ₃						2.000
Nitritos	mg/L NO ₂					50	2,0
Detergentes	mg/L						
Aspecto		Muito Turva e Corada	Muito Turva e Corada	Límpida e Levemente Corada			

(1) - Valor Máximo Admissível pela Portaria nº 423/97 - (2) - Valor Máximo Admissível segundo as normas do SIDVA - (3) - Valor Limite de Emissão segundo o Decreto Lei nº 236/98 - (4) - O valor médio diário poderá, no máximo, estar compreendido no intervalo de 5,0 - 10,0 - (6) - Não visível na diluição de 1 : 20 - (7) - Não visível na diluição de 1 : 30

Obs.:

Responsável pelo Laboratório: Dr. José Augusto

Relatório de Análise

Identificação do Cliente

Nome: Endutex - Tinturaria	Data: 14 / 04 / 2009
Morada: Caldas de Vizela	

Parâmetros	Referências da(s) Amostra(s)						
	Tanque de Recepção	Tanque biológico	Effluente Tratado		VMA ⁽¹⁾	VMA ⁽²⁾	VLE ⁽³⁾
pH Sørensen	9,03	7,72	7,77		5,5-9,0		6,0-9,0 ⁽⁴⁾
Temperatura °C	41,2	37,5					(5)
CBOS (20) mg/L O ₂	206	18	12		100	500	40
CQO mg/L O ₂	685	152	136		250	1.000	150
O2 Dissolvido mg/L O ₂	0,65	3,72				3.000	
Condutividade µS/Cm	7.500	7.000	7.000				
TDS mg/L	5.780	5.300	5.300				
SST mg/L			12			1.000	60
Cor Hazen					(7)		(6)
Turvação NTU							
Cloro Residual Total mg/L Cl ₂						1,0	1,0
Óleos e Gorduras mg/L							15
Fósforo Total mg/L P		4,86	4,12				10
Azoto Amoniacal mg/L NH ₃						100	10
Niquel Total mg/L Ni						2,0	2,0
Azoto Total mg/L N		5,35	4,98				15
Nitratos mg/L NO ₃							50
Nitritos mg/L NO ₂							2.000
Detergentes mg/L						50	2,0
Aspecto	Muito Turva e Corada	Muito Turva e Corada	Límpida e Levemente Corada				

(1) - Valor Máximo Admissível pela Portaria nº 423/97 ; (2) - Valor Máximo Admissível segundo as normas do SIDA ; (3) - Valor Limite de Emissão segundo o Decreto Lei nº 236/98 ; (4) - O valor médio diário poderá, no máximo, estar compreendido no intervalo de 5,0 - 10,0 ; (6) - Não visível na diluição de 1 : 20 ; (7) - Não visível na diluição de 1 : 40

Obs.:

 Responsável pelo Laboratório: Dr. Jose Augusto

Rua da Igreja, 248 .:. 4475-641 Avioso (Santa Maria) .:. Tel: 229812917 .:. Fax.: 229812793

Relatório de Análise

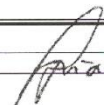
Identificação do Cliente

Nome: Endutex - Tinturaria	Data: 19 / 05/ 2009
Morada: Caldas de Vizela	

Parâmetros	Referências da(s) Amostra(s)						
	Tanque de Recepção	Tanque biológico	Efluente Tratado		VMA ⁽¹⁾	VMA ⁽²⁾	VLE ⁽³⁾
pH Sørensen	8,74	7,64	7,68		5,5-9,0		6,0-9,0 ⁽⁴⁾
Temperatura °C	41,3	37,8					(5)
CBO5 (20) mg/L O ₂	164	22	14		100	500	40
CQO mg/L O ₂	726	160	1142		250	1.000	150
O2 Dissolvido mg/L O ₂	0,76	2,57					
Condutividade µS/Cm	4.600	6.000	6.000			3.000	
TDS mg/L	3.335	4.480	4.480				
SST mg/L			14			1.000	60
Cor Hazen					(7)		(6)
Turvação NTU							
Cloro Residual Total mg/L Cl ₂						1,0	1,0
Óleos e Gorduras mg/L							15
Fósforo Total mg/L P		6,12	5,77				10
Azoto Amoniacal mg/L NH ₄						100	10
Niquel Total mg/L Ni						2,0	2,0
Azoto Total mg/L N		8,34	5,06				15
Nitratos mg/L NO ₃							50
Nitritos mg/L NO ₂							2.000
Detergentes mg/L						50	2,0
Aspecto	Muito Turva e Corada	Muito Turva e Corada	Límpida e Levemente Corada				

(1) - Valor Máximo Admissível pela Portaria nº 423/97 ; (2) - Valor Máximo Admissível segundo as normas do SDVA ; (3) - Valor Limite de Emissão segundo o Decreto Lei nº 236/98 ; (4) - O valor médio diário poderá, no máximo, estar compreendido no intervalo de 5,0 - 10,0 ; (6) - Não visível na diluição de 1 : 20 ; (7) - Não visível na diluição de 1 : 40

Obs.:

 Responsável pelo Laboratório: Dr. José Augusto

Rua da Igreja, 248 :: 4475-641 Avioso (Santa Maria) :: Tel: 229812917 :: Fax.: 229812793

9.2 Exemplos de Cálculo

Seguidamente serão apresentados os exemplos dos cálculos efectuados para a obtenção dos resultados das análises realizadas ao efluente da Endutex.

- Alcalinidade Total

$$T = 1000 \times \frac{VA \times N}{Va} = 1000 \times \frac{107,4 \times 0,1}{100,0} = 107,4 \text{ meq} / L$$

$$T = 50 \times 107,4 = 5370,9 \text{ mgCaCO}_3 / L$$

- Dureza Total

$$Dureza = \frac{N_{EDTA} \times V_{EDTA} \times 50000}{Va} = \frac{0,01 \times 2,6 \times 50000}{50,0} = 26,0 \text{ mgCaCO}_3 / L$$

- Azoto Kjeldhal

$$NKjeldhal = \frac{(V_{Ta} - Vb) \times Nt \times 14,007 \times 1000}{Va} = \frac{(3,975 - 1,978) \times 0,1 \times 14,007 \times 1000}{25} = 111,9 \text{ mg} / L$$

- Sólidos Totais

$$SólidosTotais = \frac{(A - B) \times 1000}{Va} = \frac{(138700 - 138500) \times 1000}{60} = 3333,3 \text{ mg} / L$$

- Sólidos Dissolvidos Totais

$$SólidosDissolvidosTotais = \frac{(A - B) \times 1000}{Va} = \frac{(418600 - 418400) \times 1000}{60} = 3333,3 \text{ mg} / L$$

- Sólidos Suspensos Totais

$$\text{Sólidos Suspensos Totais} = \frac{(D - C) \times 1000}{V_a} = \frac{(83 - 80,8) \times 1000}{60} = 36,7 \text{ mg / L}$$

- Concentração de Metais

É de referir que as curvas de calibração apresentadas nas figuras 18 e 19 foram obtidas no espectrofotómetro de absorção atómica.

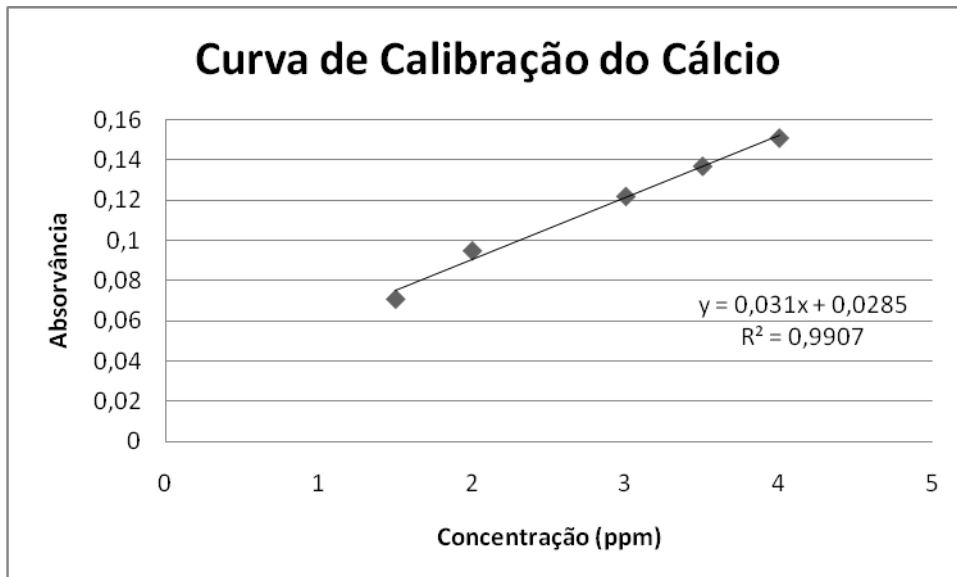


Figura 18 - Gráfico representativo da curva de calibração do metal cálcio.

$$\text{Absorvância} = 0,031 \times \text{Concentração} + 0,0285$$

$$\text{Concentração} = \frac{(\text{Absorvância} - 0,0285)}{0,031} \times \text{factor diluição} = \frac{(0,150 - 0,0285)}{0,031} \times 100 \times 2,5 = 979,8 \text{ ppm}$$

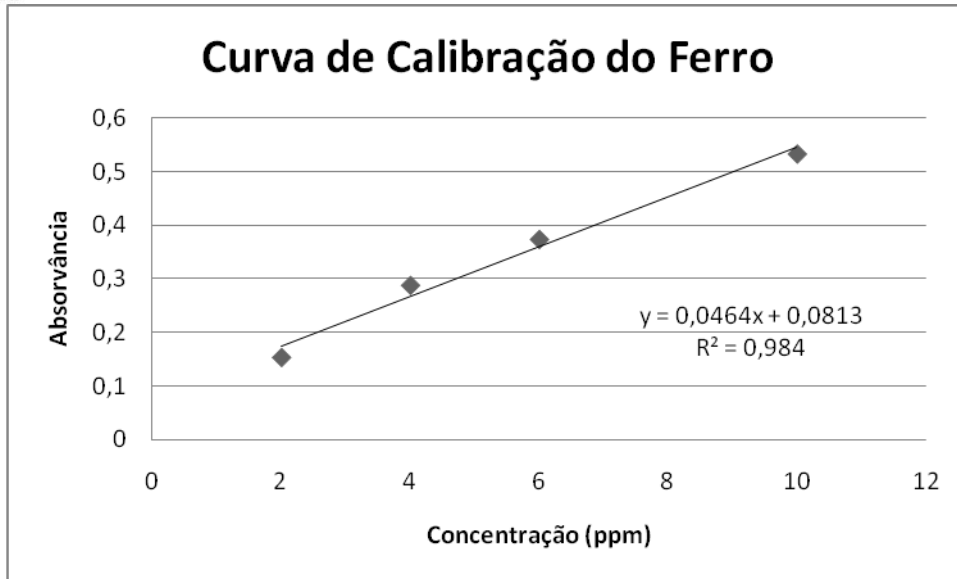


Figura 19 - Gráfico representativo da curva de calibração do metal ferro.

$$\text{Absorvância} = 0,0464 \times \text{Concentração} + 0,0813$$

$$\text{Concentração} = \frac{(\text{Absorvância} - 0,0813)}{0,0464} \times \text{factor diluição}$$

Como o valor da absorvância obtida foi inferior à do primeiro padrão não foi possível efectuar o cálculo para obtenção da concentração de ferro na amostra.

É de referir que os parâmetros que se seguem foram analisados no espectrofotómetro DR/2000.

- Cor aparente

$$\text{Cor aparente} = 500 \text{ unidades } Ptco$$

- Turvação

$$\text{Turvação} = 461 \text{ } Ft_u$$

- Fósforo Reactivo

$$F\acute{o}sforo\ Re\ ativo = \frac{(27,94 + 27,78 + 27,75)}{3} = 27,8\ mg / L$$

- Carência Química de Oxigénio

$$CQO = \frac{(825 + 948 + 921)}{3} = 898\ mg\ O_2 / L$$

Seguidamente serão apresentados os exemplos dos cálculos efectuados no dimensionamento do permutador de placas.

- Calibração de propriedades da água

Tabela 11 - Valores de viscosidade, condutividade térmica, massa volúmica e capacidade calorífica da água para diferentes temperaturas ^[11].

T(°C)	μ (Kg/m.s)	k(W/m.°C)	ρ (Kg/m ³)	cp(KJ/Kg.K)
0	0,001793	0,561	999,839	4220
10	0,001307	0,58	999,699	4195
20	0,001002	0,5984	998,204	4185
30	0,0007977	0,6154	995,647	4181
40	0,0006532	0,6305	992,215	4181
50	0,000547	0,6435	988,037	4183
60	0,0004665	0,6543	983,2	4187
70	0,000404	0,6631	977,771	4192
80	0,0003544	0,67	971,799	4199
90	0,000314	0,6753	965,321	4208
100	0,0002818	0,6791	958,365	4219

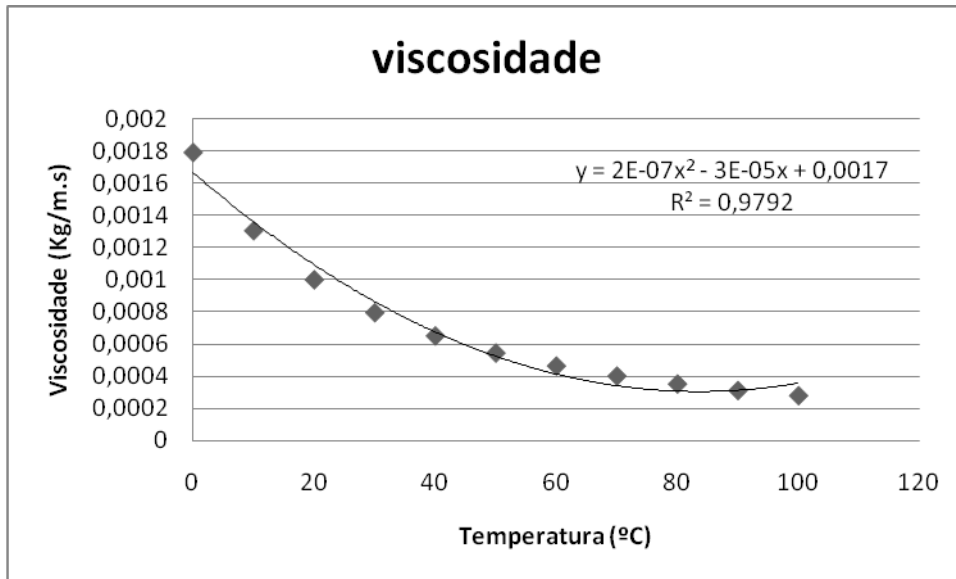


Figura 20 - Gráfico representativo da curva de calibração da viscosidade da água.

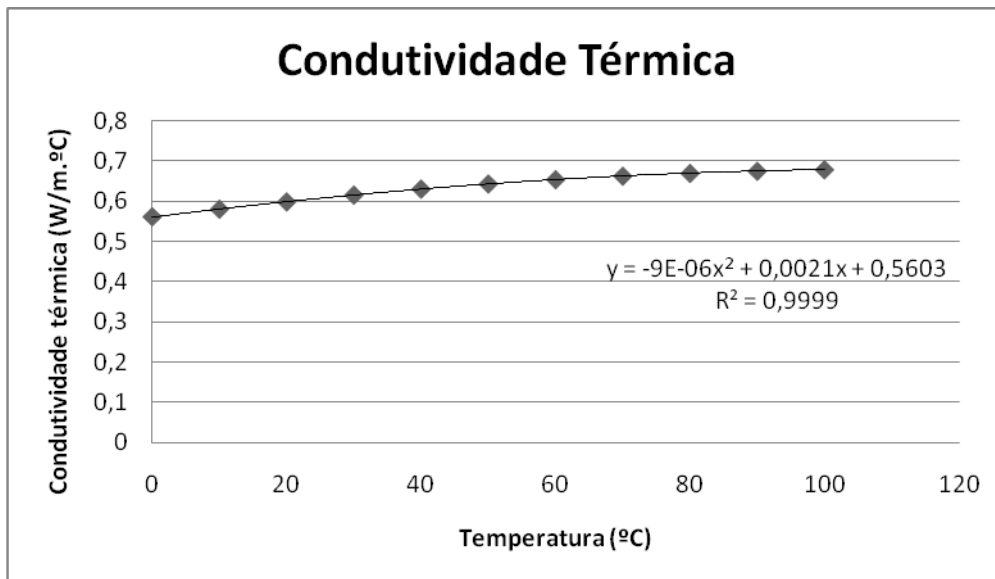


Figura 21 - Gráfico representativo da curva de calibração da condutividade térmica da água.

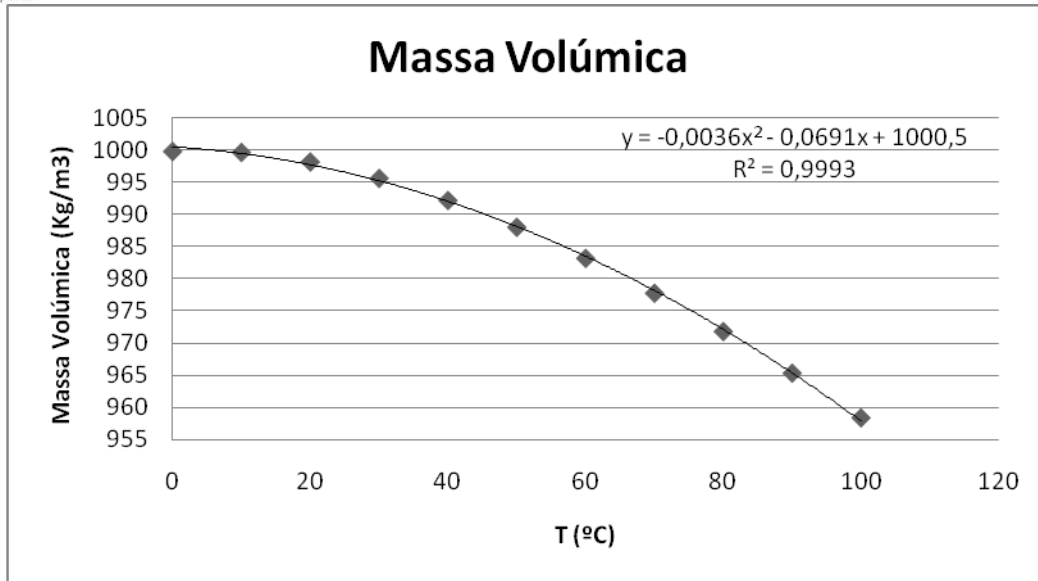


Figura 22 - Gráfico representativo da curva de calibração da massa volúmica da água.

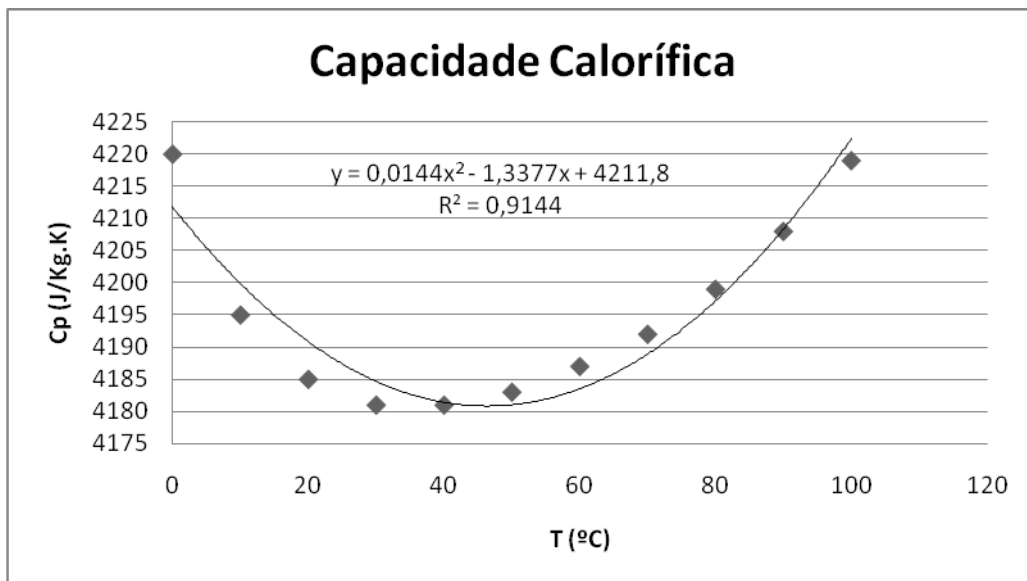


Figura 23 - Gráfico representativo da curva de calibração da capacidade calorífica da água.

Foram utilizados valores das propriedades da água à temperatura média entre a entrada e a saída do fluido.

- Definição de caudais e temperaturas

$$Q_a = 17000 \text{ L/h} = \frac{17}{3600} = 0,0047 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_e = 20000 \text{ L/h} = \frac{20}{3600} = 0,0056 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q'_a = \rho_a \times Q_a \times cp_a \times (Ts_a - Te_a) = 980 \times 0,0047 \times 4190 \times (48 - 14) = 6,6 \times 10^5 \text{ J/s}$$

$$6,6 \times 10^5 = 980 \times 0,0056 \times 4190 \times (62 - Ts_e) \Leftrightarrow Ts_e = 33,1^\circ \text{C}$$

- Determinação da média logaritmica da diferença de temperaturas

$$\Delta T_{lm} = \frac{(Te_e - Ts_a) - (Ts_e - Te_a)}{\ln \frac{(Te_e - Ts_a)}{(Ts_e - Te_a)}} = \frac{(62 - 48) - (33,1 - 14)}{\ln \frac{(62 - 48)}{(33,1 - 14)}} = 16^\circ \text{C}$$

- Determinação dos coeficientes individuais de transferência de calor

$$Re = \frac{\rho \times v \times Deq}{\mu}$$

$$Deq = 2 \times b$$

$$v = \frac{2 \times Q}{(np + 1) \times b \times w}$$

$$Re_a = \frac{\rho_a \times Q_a \times 2 \times (2 \times b)}{b \times w \times \mu_a} = \frac{980 \times 0,0047 \times 2 \times (2 \times 0,0027)}{0,0027 \times 0,358 \times 0,0004} = \frac{129268}{np + 1}$$

$$Nu = h \times \frac{Deq}{k} = 0,26 \times Re^{0,65} \times Pr^{0,4} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

$$h_a = \frac{0,26 \times Re_a^{0,65} \times \left(\frac{cp_a \times \mu_a}{k_a} \right)^{0,4} \times 1}{\frac{2 \times b}{k_a}} = \frac{0,26 \times \left(\frac{129268}{np+1} \right)^{0,65} \times \left(\frac{4190 \times 0,0004}{0,65} \right)^{0,4} \times 1}{\frac{2 \times 0,0027}{0,65}} = \frac{96052}{(np+1)^{0,65}}$$

$$Re_e = \frac{\frac{\rho_e \times Q_e \times 2 \times (2 \times b)}{b \times w \times \mu_e}}{np+1} = \frac{\frac{980 \times 0,0056 \times 2 \times (2 \times 0,0027)}{0,0027 \times 0,358 \times 0,0004}}{np+1} = \frac{152079}{np+1}$$

$$h_e = \frac{0,26 \times Re_e^{0,65} \times \left(\frac{cpe \times \mu_e}{k_e} \right)^{0,4} \times 1}{\frac{2 \times b}{k_e}} = \frac{0,26 \times \left(\frac{152079}{np+1} \right)^{0,65} \times \left(\frac{4190 \times 0,0004}{0,65} \right)^{0,4} \times 1}{\frac{2 \times 0,0027}{0,65}} = \frac{106754}{(np+1)^{0,65}}$$

Considerando Factor de Sujamento (R_s)

- Determinação do número de placas

$$Q' = F \times a \times \Delta Tlm \times U \times np$$

Dando valores a np até Q' se aproximar de $6,6 \times 10^5$ J/s, obtém-se $np=167$.

$$h_a = 3436,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$h_e = 3818,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$R_s = R_{s_a} + R_{s_e} = \frac{1}{7500} + \frac{1}{1500} = 0,0008 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Estes factores de sujamento foram considerados segundo a bibliografia [6].

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_a} + \frac{1}{h_e} + \frac{\Delta x}{K} + R_s = \frac{1}{3436,0} + \frac{1}{3818,8} + \frac{0,0005}{22} + 0,0008 = 0,0014 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$U = 726,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$Q' = 1 \times 0,334 \times 16 \times 726,9 \times 167 = 6,65 \times 10^5 \text{ J/s}$$

- Determinação da área projectada

$$A' = a \times np = 0,334 \times 167 = 55,7 \text{ m}^2$$

- Determinação da perda de carga

$$\Delta P = 8 \times j_f \times \frac{L_p}{Deq} \times \rho \times \frac{v^2}{2}$$

$$j_f = 1,25 \times \text{Re}^{-0,3}$$

$$\Delta P_a = 8 \times 1,25 \times \text{Re}_a^{-0,3} \times \frac{L_p}{2 \times b} \times \frac{\rho}{2} \times \left(\frac{2 \times Q_a}{(np + 1) \times b \times w} \right)^2$$

$$\Delta P_a = 8 \times 1,25 \times (769,4)^{-0,3} \times \frac{0,932}{2 \times 0,0027} \times \frac{980}{2} \times \left(\frac{2 \times 0,0047}{(167 + 1) \times 0,0027 \times 0,358} \right)^2 = 390 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_e = 8 \times 1,25 \times \text{Re}_e^{-0,3} \times \frac{L_p}{2 \times b} \times \frac{\rho}{2} \times \left(\frac{2 \times Q_e}{(np + 1) \times b \times w} \right)^2$$

$$\Delta P_e = 8 \times 1,25 \times (905,2)^{-0,3} \times \frac{0,932}{2 \times 0,0027} \times \frac{980}{2} \times \left(\frac{2 \times 0,0056}{(167 + 1) \times 0,0027 \times 0,358} \right)^2 = 514 \text{ Pa}$$

Desprezando Factor de Sujamento (R_s)

Seria mais real considerar o factor de sujamento uma vez que se trata de efluentes de uma tinturaria. No entanto, e como todos os cálculos são efectuados usando apenas as propriedades da água, retirou-se o factor de sujamento uma vez que se considera excessivamente elevado quando comparado com $1/h_a$ e $1/h_e$. O facto de não se considerar o factor sujamento permite avaliar o impacto que esta resistência tem no projecto do permutador.

O valor obtido para o coeficiente global de transferência de calor (U) foi de $1737,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, o que conduziu a um número de placas de 71. No entanto, esta diminuição do número de placas vem afectar os coeficientes convectivos (h_a e h_e), já que o escoamento se processa em paralelo. Recalculou-se os novos valores para os respectivos coeficientes usando as correlações já apresentadas tendo-se obtido $h_a = 5959,9 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ e $h_e = 6623,9 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. e um novo $U = 2928,4 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Com este novo valor de U o número de placas é de 41.

Embora seja válido atribuir aos fluidos as propriedades semelhantes à da água o facto de serem fluidos provenientes de uma tinturaria conduzirão, por certo, a algum tipo de sujamento pelo que será mais viável considerar um aumento de 30% no np sugerido pela ARSOPI. Sendo assim, as 31 placas sugeridas (ver anexo 9.3) com um aumento de 30% passarão a ser 40.

Desprezando-se o factor de sujamento consegue-se convergir o np deste projecto para um valor mais próximo do np sugerido pela ARSOPI.

Seguidamente serão apresentados os exemplos dos cálculos efectuados para determinação do lucro a considerar na análise económica do projecto. Todos os dados apresentados nestes exemplos de cálculo foram retirados da bibliografia ^[5].

- Determinação da temperatura final da água no tanque 1

O tanque 1 recebe água do rio assim como a água proveniente do circuito de arrefecimento dos jets.

$$Q_j = 15,1 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0042 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$T_j = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

A água do tanque 1 é aquecida num permutador que recebe água quente da VAPE (empresa de cogeração).

Considerando que a eficiência do permutador se degrada 30%, a potência transferida será:

$$P_{VAPE} = 377000 \times 0,7 = 263900 \text{ W}$$

$$P_{perdas\ da\ tan\ quel} = 41400\ W$$

$$(Q_a \times \rho \times cp \times Ts_a) + (Q_j \times \rho \times cp \times T_j) + P_{VAPE} = [(Q_a + Q_j) \times \rho \times cp \times T_{tan\ quel}] + P_{perdas\ tan\ quel} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow T_{tan\ quel} = 55\ ^\circ C$$

Este aumento de temperatura representa uma potência térmica de:

$$P_t = (Q_a + Q_j) \times \rho \times cp \times (T_{futura} - T_{actual}) = (0,0047 + 0,0042) \times 980 \times 4190 \times (55 - 40) = 549855\ W = 550\ KW$$

- Determinação da poupança em vapor, energia e dinheiro

$$H_{vapor} = 2391\ KJ/Kg\ vapor$$

$$m'_{vapor\ evitado} = \frac{P}{H_{vapor}} = \frac{550}{2391} = 0,23\ \frac{Kg}{s}$$

$$t = 5790\ h/ano$$

$$Poupança\ vapor = 0,23 \times 3600 \times 5790 = 4793470\ Kg / ano = 4793\ ton / ano$$

$$\text{Consumo gás natural} = 73\ m^3\ gás\ natural/ton\ vapor$$

$$Poupança\ energia = 4793 \times 73 = 349923\ m^3\ gás\ natural/ano$$

$$\text{Custo gás natural} = 276,36\ €/1000\ m^3\ gás\ natural$$

$$Poupança = \frac{276,36 \times 349923}{1000} = 96705\ € / ano$$

Seguidamente serão apresentados os passos para o dimensionamento da bomba de distribuição dos efluentes para o tanque 1. Não será necessário dimensionar a bomba de distribuição de água para o tanque 1, uma vez que a empresa já possui esta bomba implementada nas suas instalações. No entanto, o catálogo desta bomba encontra-se no capítulo 5.

- Determinação do diâmetro da tubagem

$$v_m = \frac{Q}{A} \Leftrightarrow A = \frac{Q}{v_m}$$

$$Q = \frac{\pi \times D_e^2 \times v_m}{4} \Leftrightarrow D_e = \sqrt{\frac{Q \times 4}{v_m \times \pi}}$$

De acordo com o mercado, seleccionam-se as tubagens de acordo com os valores de diâmetro externo e interno (D_e , D_i)

Balço de Energia Mecânica, aplicando a equação de Bernoulli:

$$\left[\frac{v_m^2}{2 \times \alpha \times g} + \frac{P}{\rho \times g} + z \right]_1 + H_B = \left[\frac{v_m^2}{2 \times \alpha \times g} + \frac{P}{\rho \times g} + z \right]_2 + h_f \quad (m)$$



$$H_B = z_2 + h_f$$

- Determinação das Perdas de carga

Pela equação de Fanning,

$$h_f = 2 \times f \times \frac{\sum L}{D_i} \times \frac{v_m^2}{g}$$

$$Re = \frac{\rho \times v_m \times D_i}{\mu}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Re > 2500 \quad \Leftrightarrow \text{Regime Turbulento} \\ \\ \text{Tubo liso} \left(\frac{\varepsilon}{D} = 0 \right) \end{array} \right.$$

Pela equação de Blasius $\Leftrightarrow f = 0,0792 \times Re^{-\frac{1}{4}}$

$$h_f = 2 \times f \times (\text{Perdas Tubagem, cot ovelos, filtro, permutador, válvulas}) \times \frac{v_m^2}{g}$$

- Determinação da altura manométrica da bomba

$$H_B = z_2 + h_f$$

Depois de escolhida a bomba centrífuga, torna-se necessário verificar se ocorre cavitação.

- Determinação do NPSH do sistema

$$NPSH_{\text{sistema}} = \frac{P_1}{\rho \times g} + z - h_{f_s} - \frac{P_v}{\rho \times g}$$

- Determinação das perdas referentes à linha de sucção

$$h_{f_s} = 2 \times f \times \frac{Leq_{\text{sucção}}}{D_i} \times \frac{v_m^2}{g} \Rightarrow h_{f_s} = 2 \times f \times (\text{perdas tubagem, válvulas}) \times \frac{v_m^2}{g}$$

Para que não ocorra cavitação é necessário que:

$$NPSH_{\text{sistema}} > NPSH_{\text{Requerido pela bomba}}$$

É de referir que apesar de apresentar todos estes passos não foi possível efectuar o levantamento de todos os dados necessários, pelo que a bomba escolhida foi sugerida pela empresa SIB baseada apenas numa estimativa.

9.3 Catálogo de Permutador de Placas (ARSOPI – THERMAL)

PERMUTADOR DE PLACAS (PHE) ARSOPI-THERMAL

Data:2009-10-15

Cliente :
 Destino :
 Local :
 Item No. :
 V. Ref. No. :
 N. Ref. No. :

Serviço
 Tipo FHR10 -HJ -31 Número de PHE 1 Unid(s)
 Superfície 7.39 [m2/unid] Número de Placas 31 [pcs/unid]

(Performance por PHE)	Lado Quente	Lado Frio
Fluido	Efluentes Tinturaria	Água
Caudal	20.00 [m3/h]	17.00 [m3/h]
Peso Específico	1.000 [-]	1.000 [-]
Calor Específico	4.186 [kJ/(kgC)]	4.186 [kJ/(kgC)]
Conductividade Térmica	0.637 [W/(mC)]	0.615 [W/(mC)]
Viscosidade	0.570 [mPas]	0.780 [mPas]
Temperat. de Entrada	62.00 [C]	14.00 [C]
Temperat. de Saída	33.10 [C]	48.00 [C]
Perda de Carga	0.043 [MPa]	0.033 [MPa]
Pressão de Trabalho	- [MPa G]	- [MPa G]
Pot. Calorífica	672.09 [kW]	
Circulação	ContraCorrente	

(Construção)

	15 x 1	15 x 1
Arranjo das Placas	15 x 1	15 x 1
Max. Pressão	1.00 [MPa G]	1.00 [MPa G]
Pressão de Ensaio	1.30 [MPa G]	1.30 [MPa G]
Max. Temperatura	100.00 [C]	100.00 [C]
Peso Vazio/Cheio	330 / 350 [kg]	
Dimensões Aprox.	C 415 x L 450 x A	1080[mm] (C= 400 P= 365)
Entradas/Saídas	DIN DN 100 PN 10	DIN DN 100 PN 10

(Material)

Placas	AISI 316L	
Juntas	NBR-SI	NBR-SI
Entradas/Saídas	AISI 316	AISI 316
Estrutura/Tirantes	Aço Carbono, Pintada /	Aço Carbono Zincado

(Notas)

Excesso de área = 13%
 Espaçamento entre placas = 2,7mm
 Malha do filtro = 14 Mesh



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

APLICAÇÕES

Aquecimento, arrefecimento e recuperação de calor em líquido/líquido e vapor/líquido.

CONSTRUÇÃO

O permutador de placas ARSOPI é formado por um conjunto de placas de transferência de calor, estrutura, tirantes de aperto e ligações de entrada e saída de fluidos.

As placas são fabricadas por estampagem a frio, ficando com uma configuração canelada, concebida para permitir uma elevada transferência térmica. Em cada placa está colocada uma junta, com a finalidade de garantir estanquidade ao permutador.

As placas são suspensas num tirante de suporte, e apertadas entre a placa fixa ou de suporte e a placa móvel ou de compressão.

Os fluidos passam através dos canais formados pelas placas, dando-se a transferência térmica através destas. A circulação dos fluidos é feita alternadamente entre as placas, normalmente em contra corrente.

DADOS TÉCNICOS

Máx. Pressão de Trabalho: 27 barG
 Máx. Temp. Trabalho: 180 °C
 Coef. de Transf. de Calor: 4000 - 6000 kcal / m² h °C
 Caudal Máximo: 1286 m³/h

MATERIAIS STANDARD

Placas: Aço Inox AISI 304 e 316
 : Titânio
 : Outros materiais disponíveis

Juntas: Nitrilo, EPDM
 : Outros materiais disponíveis

Estruturas: Aço Carbono pintado

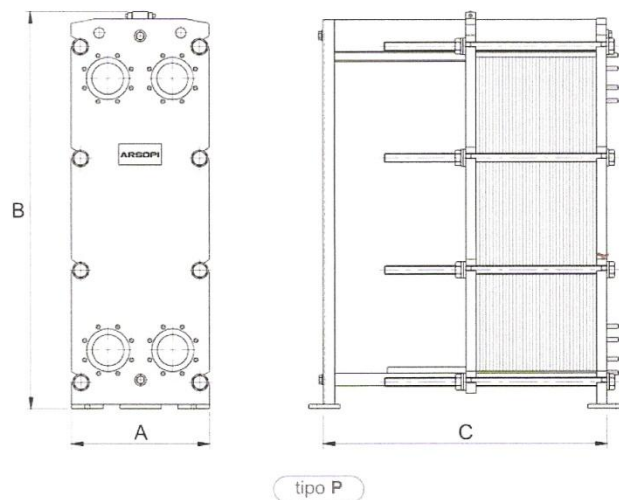
LIGAÇÕES STANDARD

Roscadas
 Flangeadas
 Junções

TIPO	FHR 00	FHR 10	FHR 30	FHR 70
Nº de Placas	1 1/4"	100	150	250

Outros elementos a pedido

» Extras: Chave de aperto • Termómetro • Proteção



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Tipo	Caudal máximo (m³/h)	Máx pressão trabalho (bar a)	Dimensões (mm)		
			A	B	C (máx)
FHR 00	243	25	242	488	449
FHR 10	197	27	460	1212	1300
FHR 30	445	18	660	1902,5	2700
FHR 70	1286	13	900	2434	5750

DADOS NECESSÁRIOS PARA A REALIZAÇÃO DE UM CÁLCULO

Para que a ARSOPI-THERMAL lhe possa propor o permutador de placas mais adequado às suas necessidades, torna-se necessário conhecer: Programa de temperaturas, Caudal de ambos os fluídos, Propriedades físicas dos fluídos, Pressão de trabalho pretendida e Máxima perda de carga admissível para cada fluído.

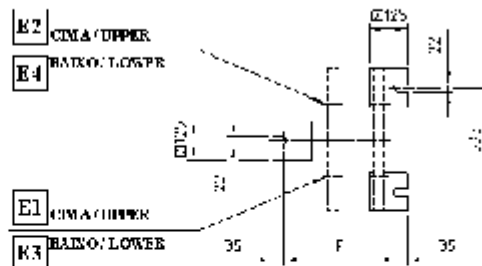
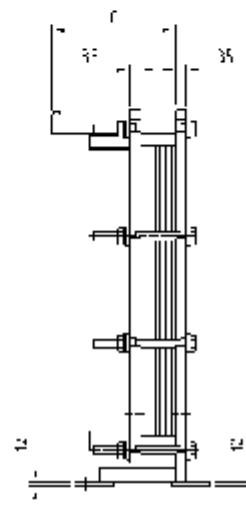
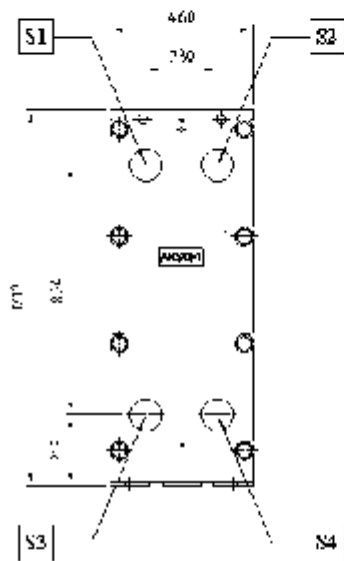
SEDE:
 ARSOPI-THERMAL - Equipamentos
 Térmicos, S.A.
 Apartado 109 - Códex
 4740 - 901, Vila de Cambra - PORTUGAL
 Telex: +351 256 410 410
 Fax: +351 256 410 411
 e-Mail: thermal@arsopi-thermal.pt

DELEGAÇÃO:
 ARSOPI-THERMAL - Equipamentos
 Térmicos, S.A.
 Avenida Almirante Gago Coutinho, 25/E
 1000 - 015 Lisboa - PORTUGAL
 Telex: +351 218 438 760
 Fax: +351 218 438 760
 E-Mail: arsopi@soal.arsop.pt

NOTA:
 02

MODELO: FHR10 - HJ - 31

	Dimensões (mm)	MASSA (kgs)
C:	400	Vazio: 330
P:	365	Cheio: 350



Orientação Entrada/Saídas

Lado Quente: S2 → S4

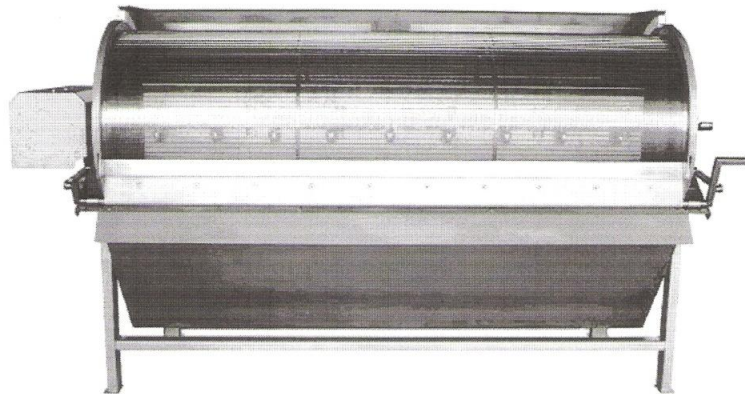
Lado Frio: S3 → S1

9.4 Catálogo do Filtro Rotativo (SSL)



GF/Eco

Cylindrical rotating self-cleaning screen
with mechanical cleaning



VWS Italia - Ver. GB 01 - Rif. FM 1007

VEOLIA
WATER
Solutions & Technologies

GF/Eco

1 Technical characteristics

	Series GF/Eco:
	<ul style="list-style-type: none"> • GF 3103 • GF 3106 • GF 3109 • Eco 6206 • Eco 6209 • Eco 6212 • Eco 6218 • GF 9030
<i>Available models:</i>	
<i>Electrical equipment:</i>	230/400 [V] 50 [Hz] 3F 280/480 [V] 60 [Hz] 3F
<i>Construction:</i>	module on chassis in stainless steel
<i>Screen type:</i>	rotating cylinder
<i>Cylinder rotating speed:</i>	5 - 15 rpm
<i>Cylinder cleaning system:</i>	mechanical
<i>Characteristics of inlet fluid:</i>	viscosity 12 mm ² /s pH 5,5 - 7,5
<i>Control panel and electrical connections:</i>	at customer care
<i>In compliance with standards: (CE marking)</i>	Machinery Directive Electromagnetic compatibility Electrical safety

2 Available models

The following tables describe the available models in terms of cylinder dimensions and screen opening.

Model	Cylinder diameter [mm]	Cylinder length [mm]	Motor power* [kW]
GF 3103	309	300	0.25
GF 3106	309	600	0.25
GF 3109	309	900	0.25
Eco 6206	628	600	0.55
Eco 6209	628	900	0.55
Eco 6212	628	1200	0.55
Eco 6218	628	1800	0.55
GF 9030	914	3000	1.5

* Power requested by the motor to move the cylinder.

Flow capacities and screen opening of the cylinder:

		Screen opening [mm]						
		0.25	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	2.50
		Flow * [m ³ /h]						
Model	GF 3103	-	10	15	15	15	-	-
	GF 3106	-	20	30	30	30	-	-
	GF 3109	-	30	45	45	45	-	-
	Eco 6206	58	103	137	171	216	232	232
	Eco 6209	87	151	210	256	330	355	355
	Eco 6212	115	205	274	342	342	465	465
	Eco 6218	180	302	421	511	659	709	709
	GF 9030	420	720	1000	1200	1600	1900	1900

*) The flows are indicative and referred to civil sewage with suspended solid content of 200 ppm in volume; for higher values of solid content or industrial sewage please contact VWS Italia.

GF/Eco

The choice of the screen opening must be done respecting the characteristics of the fluid to be treated and the type of suspended solids.

3 Functioning principle

The IDRASCREEN GF/Eco is a cylindrical self-cleaning rotating screen suitable to separate the suspended solids from the water. It is usually utilized for the pre-treatment of waste water or for the process water screening. To identify the main components refer to Figure 1.

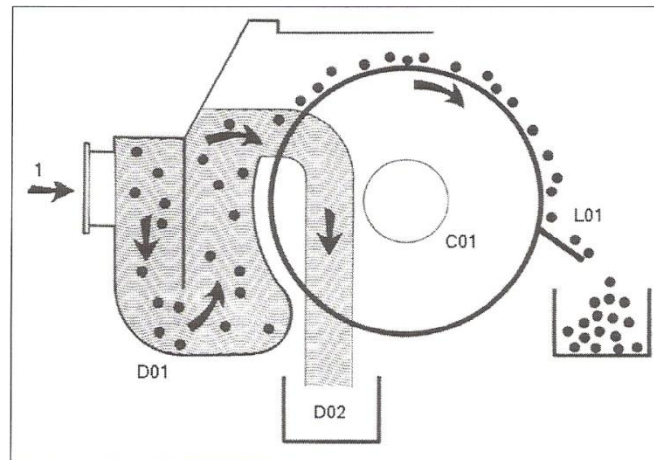


Figure 1

The influent to be screened (1) is introduced into the headbox D01, which is specially designed to slow down the flow and distribute it and passes through the external surface of the cylinder C01 that rotates slowly (5-15 rpm). The solids are retained on the outside screen surface and removed by the doctor blade L01. The screened effluent passes again through the cylinder bottom portion from inside to outside, and is collected in a collection basin D02. The big mass of the screened water, which reached the speed during the free fall through the cylinder, carries on an efficacious back wash of the screen openings. Thanks to this, the portion of the cylinder to be fed is always perfectly cleaned. Moreover, the back wash operation avoids the mucilage formation inside the cylinder. The IDRASCREEN is properly equipped with a patented pressure inner system with fixed orifices to do periodical cleaning.

3.1 Pressure inner cleaning

The screened water backwashes the cylinder continuously and keeps it sufficiently clean for long periods of time with no need for any further cleaning. Anyway it can happen that handling fat or other difficult materials, a certain part of the screen openings may partially clog. In this case the capacity of the screen might be reduced and the cylinder cleaning is necessary. The patented pressure inner cleaning, installed in all the standard machines, forecasts the use of bolt of pressurized water that allows to carry out the cleaning of the cylinder without interrupt the functioning of the machine. In this way it's possible to clean the openings of the cylinder and re-establish the optimal functioning of the Idrascreen.

GF/Eco

Model	N° washing orifices	Dimension	Flow [l/min]* at pressure of 3 - 10 bar
GF 3103	2	¼"	11,7 - 21,01
GF 3106	3	¼"	11,7 - 21,01
GF 3109	5	¼"	11,7 - 21,01
Eco 6206	7	¼"	2,3 - 4,3
Eco 6209	11	¼"	2,3 - 4,3
Eco 6212	15	¼"	2,3 - 4,3
Eco 6218	24	¼"	2,3 - 4,3
GF 9030	38	¼"	2,3 - 4,3

* flow of the single orifice at minimum and maximum pressure of 3 and 10 bar.

3.2 Details of GF 9030 model

For GF 9030 model there's not a standard outlet liquid collection basin, but it can be eventually manufactured in concrete or steel.

To make easier the connection, model GF 9030 is equipped with an inferior chassis in structural steel. This chassis, if there are dimensions problems, can be eliminated.

Moreover, model GF 9030 has two feeding pipes, in order to obtain a better distribution of liquid on the whole length of the filtering cylinder. Doctor blade is loaded by power units in both the ends.

For GF 9030 model it's possible to request the optional **Movable blade LM** that allows to maintain the blade clean: the blade moves continuously and alternatively and avoids the solids deposit under its edge. In fact, the blade while moving up, meets the screenings and accumulates them. During its stroke down it scrapes on the cylinder and leaves the accumulated screenings on the cylinder surface.

4 Optional

ID	K	RE	PS*	LS	EV	MD	OF	LM	VR
Description	Protective cover	Protective net	Discharge position*	Level sensor	Solenoid valve for washing	Motor on the right	Overflow	Movable blade	Outlet liquid basin
GF 3103	X	X	X	X	X	X	S		
GF 3106	X	X	X	X	X	X	S		
GF 3109	X	X	X	X	X	X	S		
Eco 6206	X	X	X	X	X	X	S		
Eco 6209	X	X	X	X	X	X	S		
Eco 6212	X	X	X	X	X	X	S		
Eco 6218	X	X	X	X	X	X	S		
GF 9030	X	X	X	X	X	X	X	X	X

X: Optional on request S: standard *: See positions 7a/b/c/d in Figure 2

5 Construction materials

INOX 304 Austenitic stainless steel AISI 304 (EN 1.4301)

INOX 316L Austenitic stainless steel AISI 316L (EN 1.4435)

Bronze

Polyethylene

Component	ID	GF/Eco
Chassis	--	INOX 304/INOX 316 L
Rotating cylinder	C01	INOX 304/INOX 316 L
Doctor blade	L01	Bronze
Gaskets	--	Polyethylene
Collecting base	D02	INOX 304/INOX 316 L

GF/Eco

6 Dimensions, clearance zones and weight

The following table describes the main dimensions of the machine. Make reference to Figure 2 to identify the different parts.

Model	A* [mm]	B* [mm]	C* [mm]	H* [mm]	Dry weight [kg]	Operating weight [kg]
GF 3103	600	700	685	415	95	140
GF 3106	910	710	685	415	135	225
GF 3109	1210	710	685	415	175	310
Eco 6206	1220	1170	1280	760	260	450
Eco 6209	1520	1170	1280	760	300	575
Eco 6212	1820	1170	1280	760	340	700
Eco 6218	2420	1170	1280	760	420	950
GF 9030	3800	1680	-	1300	1240	2400

* See Figure 2.

Before positioning the unit keep in mind that a free space of 1 m is necessary in front of the machine and sideways while at the backside 0,5 m is sufficient.

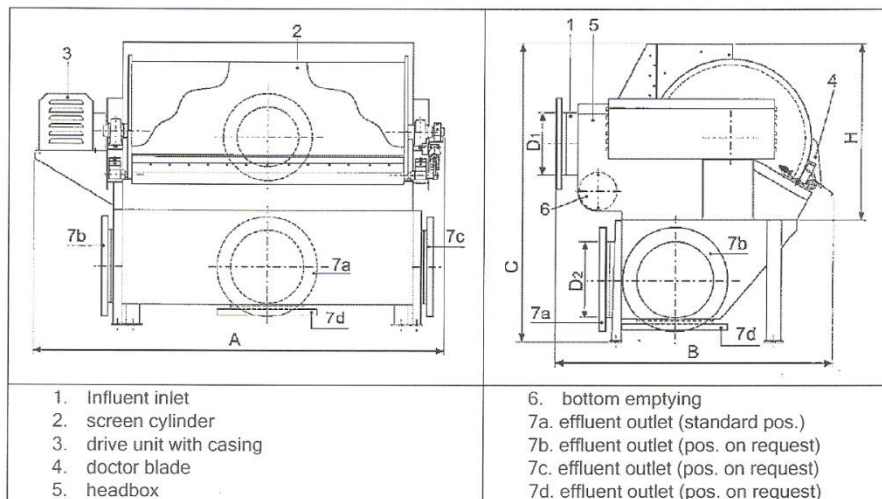


Figure 2

7 Storage and handling

The unit is normally be put and screwed up on the pallet through the perforations on the machine legs.

A suitable size truck is usually utilized for the transport. In case of sea or air freight the machine has to be packaged in the properly sized wooden boxes which will be strapped and fixed stationary in the hold.

In case the machine will be not installed immediately, it must be stored in a closed and covered environment having the temperature of about -5°C +75°C and humidity between 30 % and 90%.

For the handling it's necessary to use a mechanical elevator. After the machine has been positioned, put a water level on the cylinder top in parallel to the axis and check the levelling. To correct it insert the shims.

GF/Eco

8 Temperature

Ambient temp.	Working conditions
1÷40 [°C]	Normal conditions (humidity between 30% and 90%)
<0 [°C]	it is necessary to provide it with a cover to prevent the ice blocks formation inside which might compromise the correct performance and the life duration of the unit.
>40 [°C]	it is possible to use the machine only after consulting the constructor

9 Installation requirements

The machine has to be installed in a level position in a location that can support the weights listed in section 6. Around the machine perimeter it is necessary to set some clearance zones to allow the personnel and the maintenance operators to work with no obstacles and to keep the air transit free. The features of the liquid connections and pipes are hereafter listed:

Model	Type	Influent inlet D1 (*) [mm]	Effluent outlet D2 (*) [mm]
GF 3103	Flanged	80	100
GF 3106	Flanged	100	150
GF 3109	Flanged	100	150
Eco 6206	Flanged	200	250
Eco 6209	Flanged	200	250
Eco 6212	Flanged	250	300
Eco 6218	Flanged	300	350
GF 9030	Flanged	350x2	-

*) See Figure 2: The reported values are in DN (nominal diameter) - Slip on flanges PN 10 - UNI 227767 in AISI 304 or AISI 316L

In standard machines the connection for inner cleaning is located outside the support opposite to the drive end. The characteristics of the connection are reported in the following table:

Model	Connection
GF 31--	¾ " M
ECO 62--	1 " M
GF 9030	1 ¼ " M

This connection must be connected to water supply system of the plant; a manual valve or solenoid valve should be forecast at customer care to activate the washing system. The pressure of water supply system must be at least of 3 bar.

The total maximum absorbed current is reported in the following table for the different models of the machine:

Model	Absorbed current [A]
GF 31--	1
Eco 62--	1.5
GF 9030	3

These values have to be used for cables dimensioning and for upstream protection system of the machine. The switchboard and the electric cables are at customer care and need to be connected to a switch suitably designed by a qualified technician, following the good working regulation and respecting the electric cabinet rating.

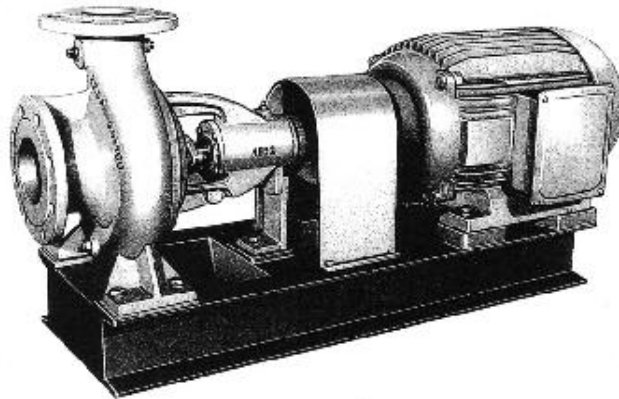
Notes

The data in this document are indicative. VWS Italia reserves the right to change any data without prior notice. The front-page photograph is neither representative of all versions nor models.

Bombas Zeda®

SERIE ZN

Bombas centrifugas monocelulares fabricadas según DIN-24255 y tipos suplementarios.
Single stage end suction pumps to DIN-24255 Standard and supplementary types.
Pompes centrifuges monocellulaires selon DIN-24255 et types supplémentaires.



Límites y características

Caudales hasta 400 m³/hora.
 Alturas hasta 95 metros.
 Velocidades 1.500/1.800 y 3.000/3.600 r.p.m.
 Temperatura serie ZN de -30 °C hasta +105 °C.
 Con empaquetaduras en fabricación estándar o cierre mecánico opcionalmente.
 Sentido de giro a derecha desde el acoplamiento.

Bridas

Aspiración axial e impulsión radial hacia arriba.
 DIN-2532 PN-10 ó DIN-2533 PN-16.
 Bajo demanda ANSI 150, 300 ó 600 Lb.

Presión de trabajo

En ejecución de H.F.F., la presión de prueba estática es 1,5 veces la presión dinámica.
 Presión mínima de prueba 10 Kg/cm².
 Para presiones de prueba superiores, y bajo demanda, ejecuciones en Fundición Nodular, Acero, etc.

Materiales

Todas las bombas pueden fabricarse total o parcialmente en H.F.F., Acero, Bronce, Aceros Inoxidable, Hastelloy o cualquier tipo de aleación metálica.

Aplicaciones

Abastecimiento en general, acondicionamiento, redes de incendios, regadíos, múltiples servicios y fluidos diversos.

Limits and characteristics

Volumes of flow until 400 m³/h.
 Heads until 95 meters.
 Speeds 1.500/1.800 and 3.000/3.600 r.p.m.
 ZN serie's temperature from -30°C until +105 °C.
 Standard Manufacture with packing gland. Optional mechanical seal.
 Direction of rotation: clockwise when looking at the drive.

Flanges

Axial suction and radial discharge upward.
 DIN-2532 ND-10 ó DIN-2533 ND-16.
 On request ANSI 150, 300 ó 600 Lb.

Working pressure

Made of Cast Iron, the static test pressure is 1,5 as large as dynamic pressure.
 Minimum test pressure 10 Kg/cm².
 For larger test pressures and on request, made of Nodular Casting, Steel, etc.

Materials

All pumps can be made total or partially of Cast Iron, Steel, Bronze, Stainless Steel, Hastelloy or any type of metallic alloy.

Applications

General supply, conditioning, system of fire, irrigation, multiple services and fluids.

Limites et caractéristiques

Débits jusqu'à 400 m³/h.
 Hauteurs jusqu'à 95 mètres.
 Vitesses 1.500/1.800 et 3.000/3.600 t.p.m.
 Température série ZN de -30 °C à +105 °C.
 Avec étoupeée en fabrication standard ou garniture mécanique optionnellement.
 Sens de rotation: dans le sens des aiguilles d'une montre dès l'accouplement.

Brides

Aspiration axiale et impulsion radiale vers le haut.
 DIN-2532 PN-10 ou DIN-2533 PN-16.
 Sous demande ANSI 150, 300 ó 600 Lb.

Pression du travail

En execution Ft la pression d'essai statique est 1,5 fois la pression dynamique.
 Pression minimale d'essai 10 Kg/cm².
 Pour pressions d'essai supérieures et sous de manda, en exécutions de Fondue Nodular, Acier, etc.

Materiaux

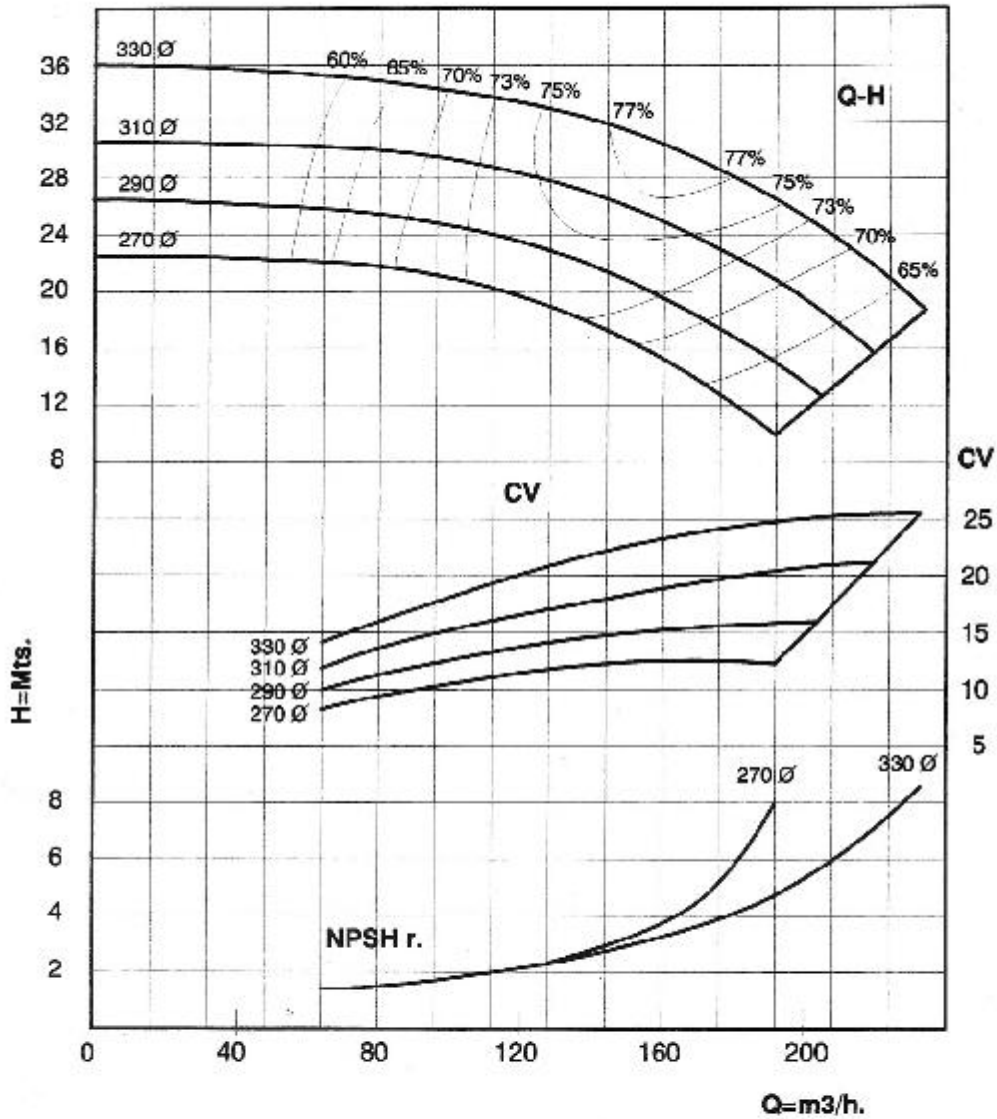
Toutes les pompes peuvent être fabriquées total ou partiellement en F.T., Acier, Bronze, Acier Inoxy, Hastelloy ou autre type d'alliage métallique.

Applications

Approvisionnement en général, conditionnement, réseaux d'incendies, arrosages, beaucoup des services et fluides divers.

Bombas Zeda

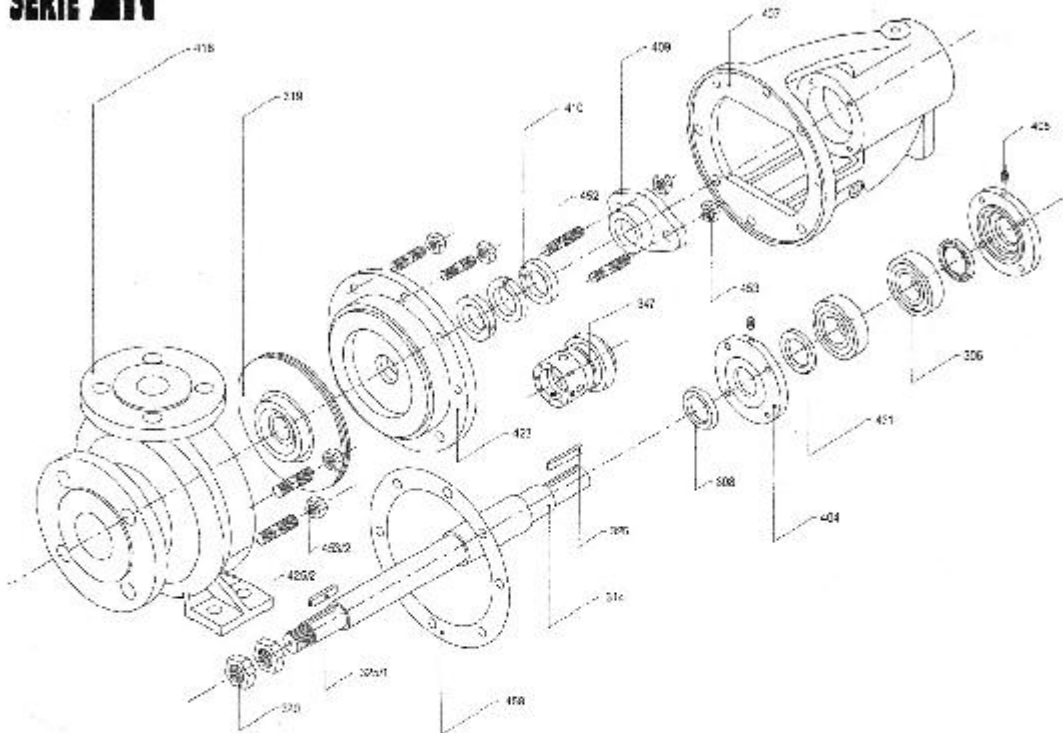
tipo de bomba Type of pump Type de pompe	ZQ-100/315
Velocidad r.p.m. Speed r.p.m. Vitesse t/mn.	1.450



Orificio aspiración/impulsión, mm Inlet/outlet, mm. Orifice d'aspiration/impulsion, mm.	125/100	Número Number Nombre	291010
Modelo nº Model number Modèle nombre	1.559	Sustituye a Change to Substitut à	581010
Díametro máximo/mínimo, mm Maximum/minimum diameter, mm. Maximum/minimum diamètre, mm.	330/270		
Pasos, mm. Passages, mm. Passages, mm.	18/26		
Máximo número de impulsores Maximum number of impellers Maximum nombre de roues			



SERIE ZN



N°	DENOMINATION	DENOMINATION	DENOMINATION	MATERIALES / MATERIALS / MATERIAUX (Standard)
306	Rodamientos	Bearings	Roulement	Standard
314	Eje	Shaft	Arbre	(2) Acero / Steel / Acier
319	Impulsor	Impeller	Roue	(1) Hº Fº / Cast Iron / Fonte
407	Sopores Rodamiento	Bearing Housings	Paliers	(1) Hº Fº / Cast Iron / Fonte
409	Prensa-Estopas	Packing Gland	Prasse-Etoupée	(1) Hº Fº / Cast Iron / Fonte
410	Empaquetaduras	Packings	Tresses	Standard
418	Cuerpo bomba	Pump casing	Corps de pompe	(1) Hº Fº / Cast Iron / Fonte
423	Tapa cuerpo Bomba	Pump casing-cap	Couvercle de corp de pompe	(1) Hº Fº / Cast Iron / Fonte

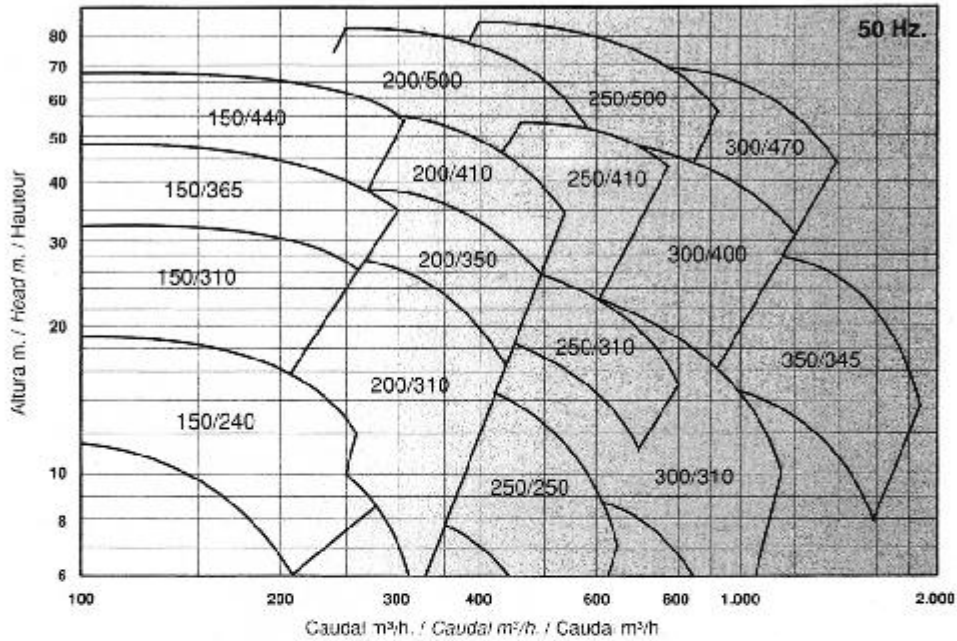
(1) - (DIN GG-25) (ASTM A-48-CL30B)
 (2) - (DIN CK-15) (ASTM A-108-1045)



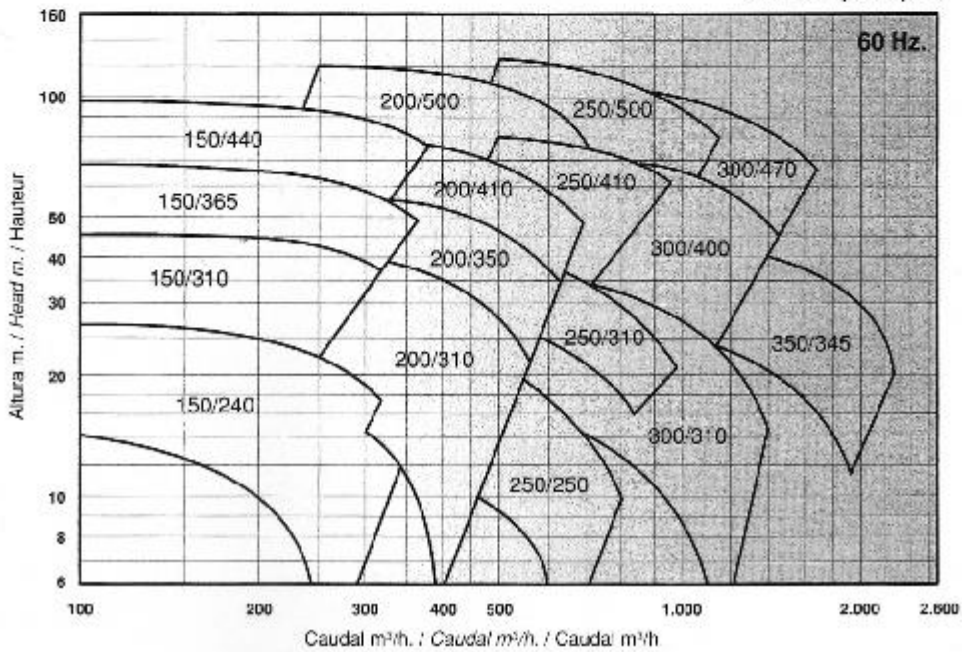
SERIE ZS

VER CATALOGO SERIE ZS
 SEE CATALOGUE OF ZS SERIE
 VOIR CATALOGUE DE SERIE ZS

1.450 r.p.m./t.p.m.



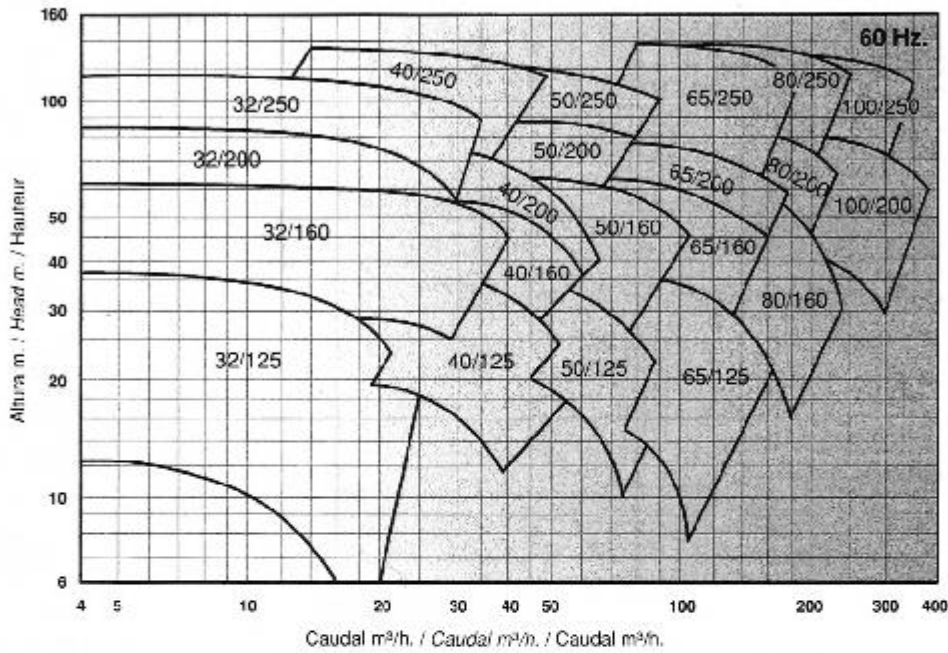
1.740 r.p.m./t.p.m.



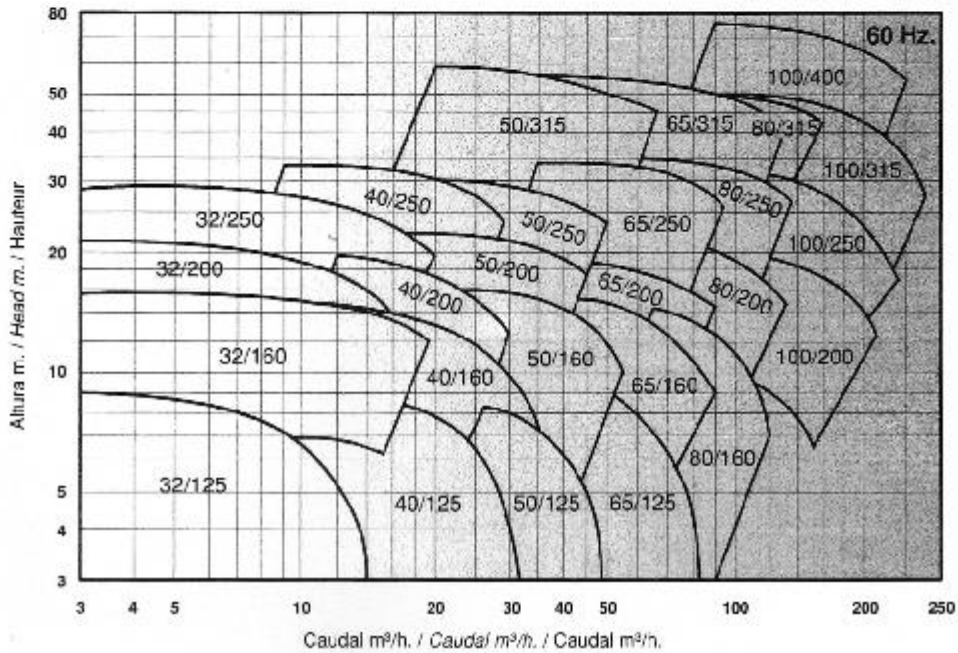


SERIE ZN

3.480 r.p.m./t.p.m.



1.740 r.p.m./t.p.m.





Bombas Zeda

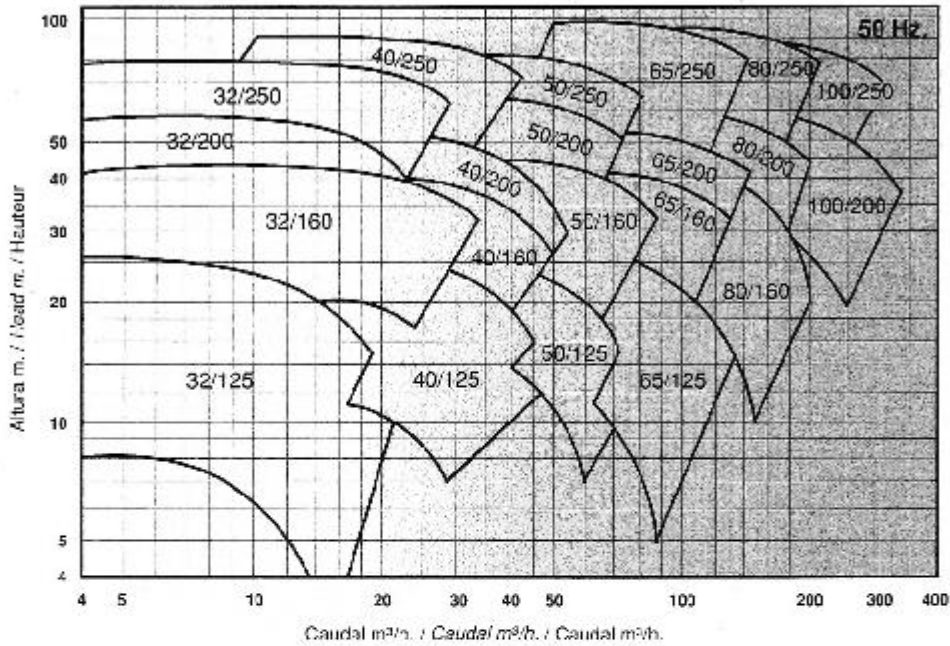
CAMPO DE APLICACION

SELECTION CHART

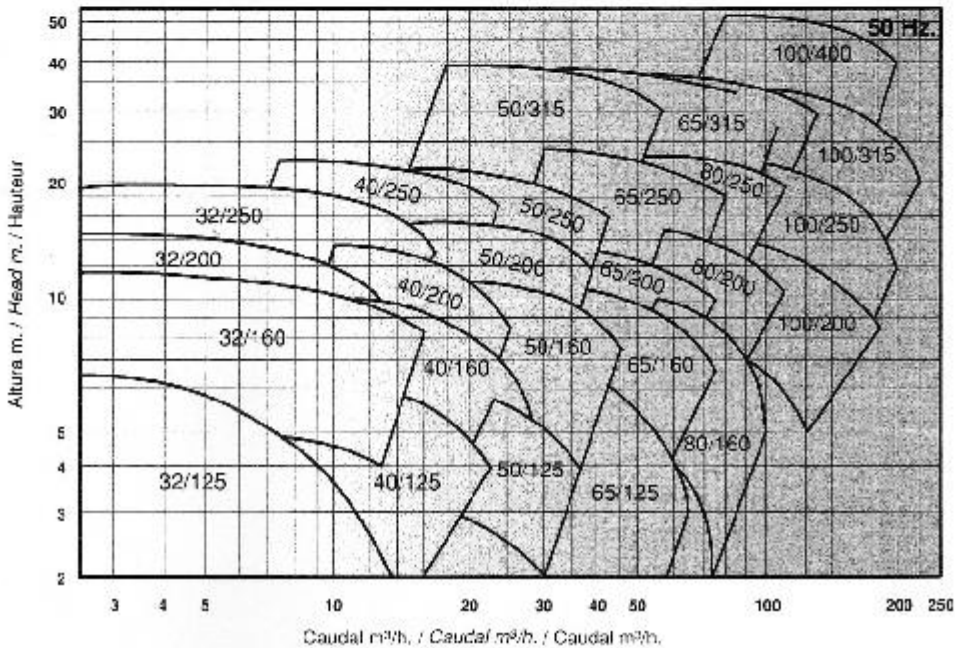
ABAQUES D'APPLICATION

SERIE ZN

2.900 r.p.m./t.p.m.

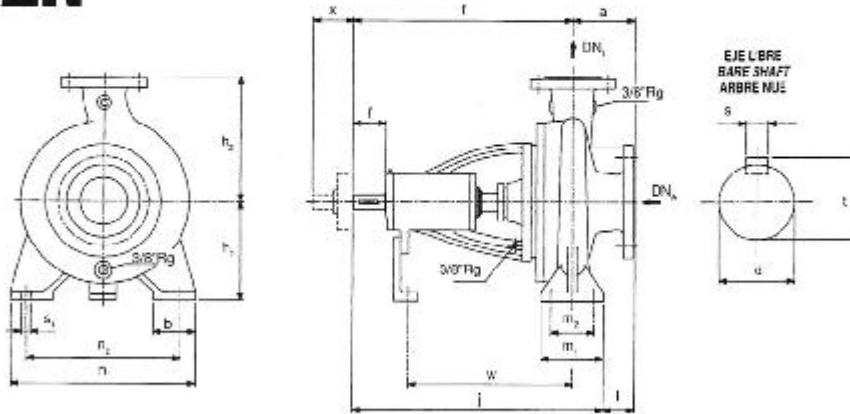


1.450 r.p.m./t.p.m.





SERIE ZN

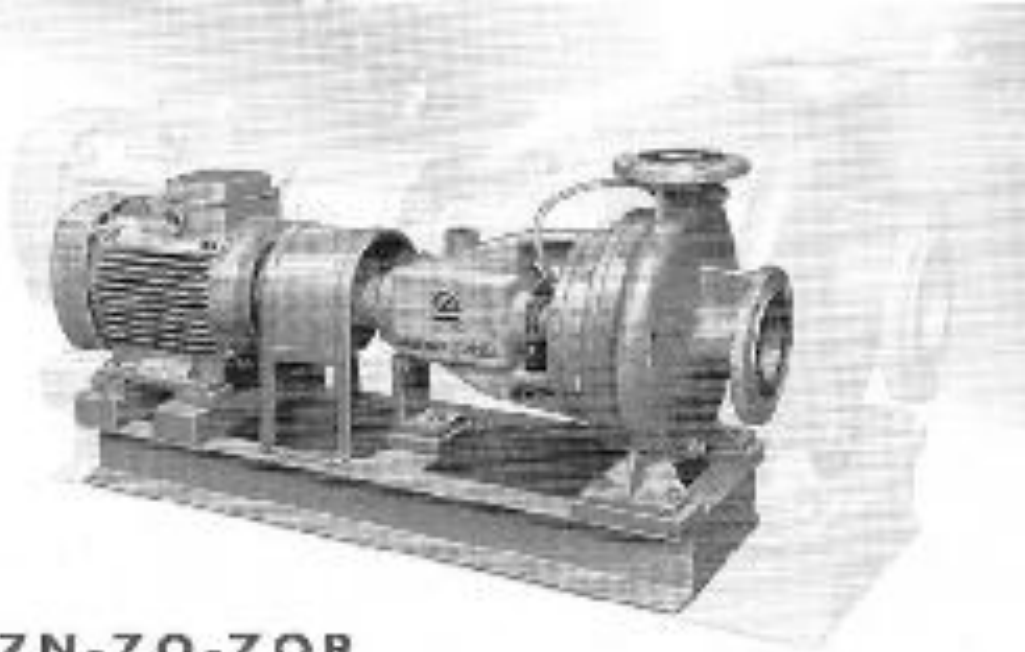


TIPO TYPE TYPE	PN-10 PN-16		a	f	h ₁	h ₂	j	b	m ₁	m ₂	n ₁	n ₂	s ₁	w	e	EJE SHAFT ARBRE		CHAVETA KEY CLAVETTE		Kgrs.	
	ASP. Ø	IMP. Ø														d	f	t	a		
ZN-32/125	32	32	80	360	112	140	410	30	50	100	70	190	140	14	260	130	24	50	27	8	41
ZN-32/160			80	360	132	160	410	30	50	100	70	240	180	14	260	130	24	50	27	8	49
ZN-32/200			80	360	160	180	410	30	50	100	70	240	190	14	260	130	24	50	27	8	52
ZN-32/250			100	360	180	225	422,5	37,5	65	125	95	320	250	14	260	130	24	50	27	8	61
ZN-40/125	40	40	80	360	112	140	410	30	50	100	70	210	160	14	260	130	24	50	27	8	43
ZN-40/160			80	360	132	160	410	30	50	100	70	240	190	14	260	130	24	50	27	8	50
ZN-40/200			100	360	160	180	410	50	50	100	70	265	212	14	260	130	24	50	27	8	53
ZN-40/250			100	360	180	225	422,5	37,5	65	125	95	320	250	14	260	130	24	50	27	8	64
ZN-50/125	50	50	100	360	132	160	410	50	50	100	70	240	190	14	260	130	24	50	27	8	45
ZN-50/160			100	360	160	180	410	50	50	100	70	265	212	14	260	130	24	50	27	8	53
ZN-50/200			100	360	160	200	410	50	50	100	70	265	212	14	260	130	24	50	27	8	56
ZN-50/250			100	360	180	225	422,5	37,5	65	125	95	320	250	14	260	130	24	50	27	8	68
ZN-50/315	50	50	125	470	225	280	532,5	62,5	65	125	95	345	280	14	340	140	32	80	35,5	10	100
ZN-65/125			100	360	160	180	422,5	37,5	65	125	95	280	212	14	260	130	24	50	27	8	50
ZN-65/160			100	360	160	200	422,5	37,5	65	125	95	280	212	14	260	130	24	50	27	8	57
ZN-65/200			100	360	180	225	422,5	37,5	65	125	95	320	250	14	260	130	24	50	27	8	68
ZN-65/250	65	65	100	470	200	250	550	20	80	160	120	300	280	18	340	110	32	80	35,5	10	91
ZN-65/315			125	470	225	280	550	45	80	160	120	400	315	18	340	140	32	80	35,5	10	110
ZN-80/160			125	360	180	225	422,5	62,5	65	125	95	320	250	14	260	130	24	50	27	8	61
ZN-80/200			125	470	180	250	532,5	62,5	65	125	95	345	280	14	340	140	32	80	35,5	10	88
ZN-80/250	80	80	125	470	200	280	550	45	80	160	120	400	315	18	340	140	32	80	35,5	10	93
ZN-80/315			125	470	250	315	550	45	80	160	120	400	315	18	340	140	32	80	35,5	10	110
ZN-100/200			125	470	200	280	550	45	80	160	120	360	280	18	340	140	32	80	35,5	10	89
ZN-100/250	100	100	140	470	225	280	550	60	80	160	120	400	315	18	340	140	32	80	35,5	10	101
ZN-100/315			140	470	250	315	550	60	80	160	120	400	315	18	340	140	32	80	35,5	10	116
ZN-100/400			140	530	280	355	630	40	100	200	150	500	400	20	370	140	42	110	45,5	12	173

Dimensiones aproximadas en mm.
 Aproximate dimensions in mm
 Dimensions approx. en mm.

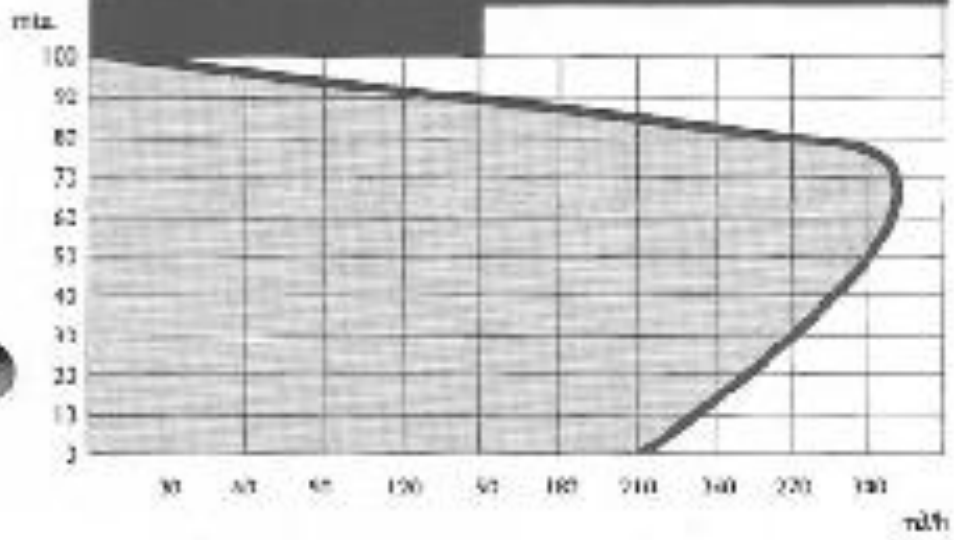
BOMBAS ZEDA, S.A. se reserva el derecho de efectuar las modificaciones que estime oportunas sin previo aviso.
 BOMBAS ZEDA, S.A. reserve the right to make any modifications considered suitable without prior notice.
 BOMBAS ZEDA, S.A. se réserve le droit d'effectuer les modifications considérées opportunes sans préavis.

© 1998 Bombas Zeda S.A.
 Edición: 1/87 (4)
 003



ZN-ZQ-ZQR

Bombas monocelulares (DIN 24255 y 24256)
 Bombas monocelulares (DIN 24255 y 24256)



9.6 Contactos Efectuados

- Bombas:

Foi contactada a empresa SIB, Sistemas Industriais de Bombagem, Lda.

Zona Industrial Alto da Cruz – Apartado 165 – 4784-909 Santo Tirso

Telefone: 252857923

E – Mail: sib@sib.pt

Site: www.sib.pt

Foi contactado o Eng.º Técnico José Graça por visita às instalações da empresa.

- Filtro Rotativo

Foi contactada a empresa SSL, equipamentos industriais.

Av. S. Salvador, nº 570 – 1º Esq. – Sala 6 - 4415 – 440 Grijó

Telefone: 227453700

E – Mail: ssl@ssl.pt

Site: www.ssl.pt

Foi contactado o Eng.º Henrique Lóio por contacto telefónico e por e-mail.

- Permutador de Placas

Foi contactada a empresa ARSOPI-THERMAL.

Apartado 103 - Codal 3730-901 Vale de Cambra Portugal

Telefone:256410410

E-Mail: thermal@arsopi-thermal.pt

Site:www.arsopi-thermal.pt

Foi contactado o Eng.º Miguel Costa por contacto telefónico e por e-mail.